PHILIPP FRIEDRICH VON DIETRICH.

EIN BEITRAG

ZUR

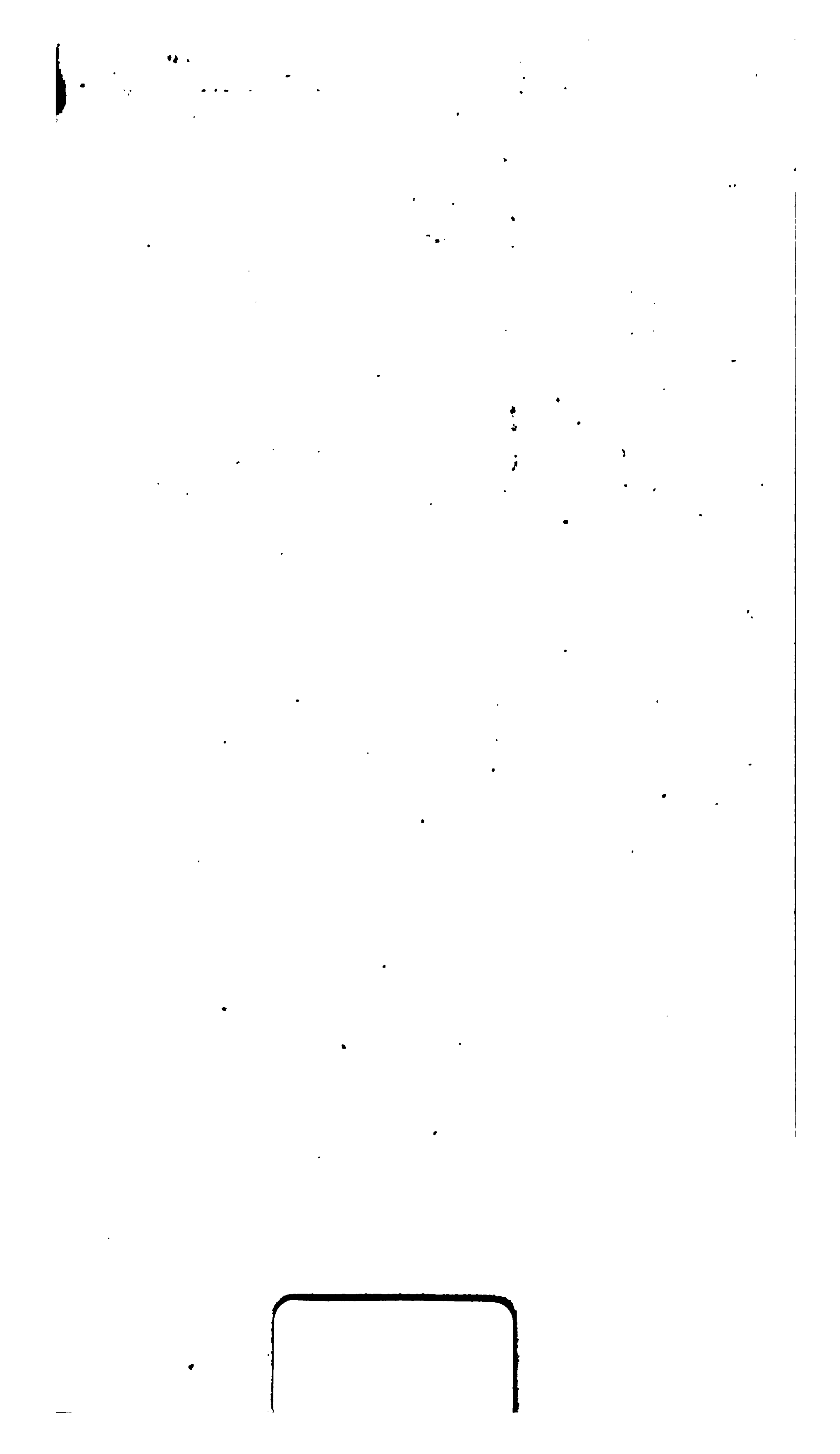
GESCHICHTE DER VULKANOLOGIE.

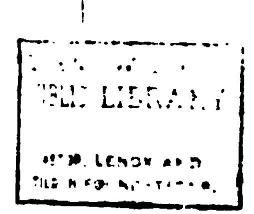
GEKRÖNTE PREISSCHRIFT

VON

ERNST KUGLER.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1899.





MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

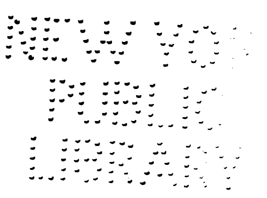
SIEBENTES STÜCK:

PHILIPP FRIEDRICH VON DIETRICH.

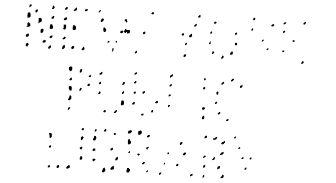
EIN BEITRAG
ZUR
GESCHICHTE DER VULKANOLOGIE

VON

DR. ERNST KUGLER.



MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1899.



MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

SIEBENTES STÜCK:

PHILIPP FRIEDRICH VON DIETRICH.

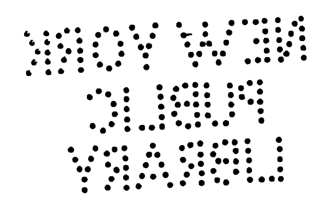
EIN BEITRAG

ZUR

GESCHICHTE DER VULKANOLOGIE

VON

DR. ERNST KUGLER.



MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1899.

Philipp Friedrich von Dietrich.

Ein Beitrag zur Geschichte der Vulkanologie.

Gekrönte Preisschrift

von

Ernst Kugler.

München
Theodor Ackermann
Königlicher Hof-Buchhändler
1899.

Die Wissenschaft, welche von der physischen Beschaffenheit der erstarrten Rinde unseres Planeten handelt, ist eine verhältnismässig noch junge. Im *Altertum* begnügte man sich damit, Mineralien kennen zu lernen und aufzusuchen, welche sich für das tägliche Leben als von praktischem Werte erwiesen, so einige Metalle, Edelsteine und Erden. Die grossen griechischen Philosophen gaben sich meist nur mit kosmogenetischen und geogenetischen Spekulationen ab, und nur einzelne Männer wie *Strabo*, *Seneca*, *Plinius* erzielten in späterer Zeit durch ihre Naturschilderungen wertvollere Resultate. — Das Bestreben der Araber, ein allgemeines Heilmittel und den Stein der Weisen aufzufinden, führte diese zur Untersuchung vieler bis dahin entweder gar nicht bekannter oder doch nicht berücksichtigter Körper. Ausserdem waren es in diesen und in den folgenden Jahrhunderten fast ausschliesslich *Scholastiker*, die sich mit der Behandlung auch mineralogischer und geologischer Fragen befassten, aber natürlich eben nur in ihrer unfruchtbaren Weise, indem sie die Beschreibungen und Benennungen älterer Schriftsteller philologisch erörterten und danach die gemeinten Gesteine zu erraten suchten. Die Erforschung der Natur pflegten nur einzelne Männer der Wissenschaft. Erst als man diese einzige wahre Quelle der Erkenntnis in den Bereich der Forschung zog, als man anfing, die Natur in der Natur selbst zu suchen, und als man nun gezwungen wurde, das umfangreiche dabei gewonnene Material wenigstens nach äusseren Kennzeichen zu sondern, als nun gar die Fortschritte in der Chemie gestatteten, die Körper auch ihrem inneren Wesen nach zu erforschen, da wurden der Mineralogie neue Bahnen geöffnet, da war auch die Geologie

in ein neues Stadium ihrer Entwicklung eingetreten. Daneben nahm die paläontologische Wissenschaft, wenn zunächst auch noch in recht bescheidener Weise, ihren Anfang.

Als der Begründer einer systematischen Behandlung der Gesteinslehre gilt der auch als Philologe bekannte Chemnitzer Arzt Georg Agricola (geb. 1494, gest. 1555). Sein System der Einteilung der Mineralien und Gesteine, wie wir es in seinem 1546 erschienenen Werke „De natura fossilium" finden, erhielt sich bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts. Drei Schweden, Wallerius, Cronstedt und Linné, entwickelten um 1750 dieses System weiter, indem sie die Felsgesteine von den dieselben zusammensetzenden Mineralien schärfer trennten und die Gesteine nach einer bestimmten Methode zu unterscheiden begannen.

Feste Grundsätze in der Methode der Klassifikation der Gesteine nach gewissen Kennzeichen stellte zuerst Abraham Gottlob Werner auf, ein Schüler des sächsischen Mineralogen Karl Eugen Pabst von Ohayn und später Professor an der Bergakademie in Freiberg. Er sonderte die Unterscheidungsmerkmale selbst wieder in bestimmte Gruppen.

Wenn der Göttinger Universitätsprofessor Gmelin in der 1777—1779 veranstalteten deutschen Ausgabe von Linnés „Natursystem des Mineralreiches" des Näheren untersucht, welches eigentlich die gesteinsbildenden Elemente sind, und welcher Kräfte sich die Natur bedient, um diese Elemente unter sich zu verbinden, wenn er dann als solche Kräfte Feuer und Wasser anführt, so war die Mineralogie ebenso wie die Geologie um einen wichtigen Schritt weitergediehen. Denn es galt nun, die Gesteine auch hinsichtlich ihrer Entstehungsart zu klassifizieren, und dadurch wurde man auf den Weg geführt, die feste Erdkruste einer eingehenden wissenschaftlichen Untersuchung zu unterziehen. Nun wurde auch das Studium geogenetischer Probleme in richtige Bahnen gelenkt. Es bestand nicht mehr in phan-

tastischen und philosophischen Spekulationen, es konnte sich vielmehr auf Thatsachen, gewonnen durch Untersuchungen und Beobachtungen an der festen Erde selbst, stützen, und damit war die Möglichkeit einer vernünftigen Lösung erdgeschichtlicher Fragen geboten.

Nachdem schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts einzelne Versuche einer Einteilung der Gesteine nach Alter und Entstehung gemacht waren[1]), erfolgte eine grundsätzliche Trennung der Gesteine in „vulkanische Gebirgsarten" und in „aufgeschwemmte Gebirgsarten" in den 1785 bis 1788 erschienenen Werken von Voigt und Werner. Allein über die Frage, welche Gesteine der einen oder der anderen Klasse zuzuteilen seien, entspann sich, da keine Einigung erzielt werden konnte, alsbald der heftigste Streit. Auf der einen Seite standen die Vulkanisten, welche dem Feuer eine sehr bedeutende Rolle bei der Bildung der Gesteine einräumten; auf der anderen Seite die Neptunisten, welche diese Rolle auf ein Minimum beschränkt und den Hauptanteil an der gesteinsbildenden Thätigkeit dem Wasser zugestanden wissen wollten.

Ein Neptunist von reinstem Wasser war Werner. Hatte Gmelin es als einen hartnäckigen Widerspruchsgeist und als eine unverantwortliche Anhänglichkeit an angenommene Meinungen bezeichnet, die Bildung des Basalts auf feurigem Wege zu leugnen, und hatte er auch für einen Teil des Porphyrs bei dessen Entstehung das Feuer in Anspruch genommen, so muss das entschiedene Hervortreten Werners in dieser Frage als eine Reaktion in dem Entwicklungsgange der Geologie betrachtet werden, so gross auch sonst seine Verdienste waren. Als echt vulkanische

[1]) Z. B. von J. G. Lehmann („Versuch einer Geschichte der Flötzgebirge", Berlin 1756), von G. Chr. Füchsel (er sprach zuerst den Gedanken aus, dass die einzelnen Perioden der Erdentwicklung durch zusammengehörige Reihen von Gesteinsschichten gekennzeichnet werden), von Giovanni Arduino, von Wilh. v. Charpentier („Mineralogische Geographie der chursächsischen Lande," Leipzig 1778). Vgl. auch A. Geikie, The Founders of Geology, London 1897.

Gesteine, d. h. solche, welche durch das Feuer der Vulkane gebildet und infolge thatsächlicher Eruptionen an die Erdoberfläche befördert wurden, liess Werner[2]) nur die echten Laven, die Bimssteine, die vulkanischen Aschen und die durch Zusammensintern der letzteren entstandenen Tuffe gelten. Der Bimsstein ist nach ihm das am deutlichsten ausgeprägte vulkanische Gestein; als bemerkenswert bezeichnete er es, dass in der Nähe von Vulkanen häufig heisse Quellen und dampfende Löcher, nie aber Versteinerungen und nur sehr selten Metalle in den vulkanischen Gesteinen vorkommen. Als besonders charakteristisches Zeichen sprach Werner für echte Vulkane die auf ihnen noch ganz oder wenigstens zum Teil erhaltenen trichterförmigen Schlünde an, die nach Einstellung der vulkanischen Thätigkeit oft das Sammelbecken für Seen bilden. Den echt vulkanischen Gesteinen stellte Werner die „pseudovulkanischen" gegenüber, d. h. solche, welche einfach durch unterirdisches Feuer, Erdbrände, sekundär verändert wurden, ohne dass sie dabei von ihrer Lagerstätte gerückt worden wären, mit anderen Worten: an Ort und Stelle umgeschmolzene sedimentäre Gesteine. Als solche pseudovulkanische Gesteine betrachtete Werner die lavaähnlichen Erdschlacken mit ihren grossen Blasenräumen, Porzellanjaspis und alle gebrannten Thone.

Den Basalt und einen Teil der Porphyrschiefer, Porphyre und Mandelsteine, die damals schon fast allgemein als vulkanische Produkte galten, strich Werner gänzlich aus der Reihe derselben. Besonders energisch trat er für die Bildung des Basalts auf wässrigem Wege ein und behauptete, derselbe habe ehemals eine eigene Formation, eine Schicht von ungeheurer Mächtigkeit gebildet; diese sei aber

---

[2]) Journ. de Phys. ed. Rozier. Tom. XXXVIII (1791) p. 409 (in dieser französischen Übersetzung ist auch Werners Beobachtung am Scheibenberger Hügel enthalten) und

Werner: „Neue Entdeckung am Scheibenberger Hügel", Intelligenzblatt der Jenaer Literatur-Zeitung, Oktober 1788. 57. Stück.

mit der Zeit grösstenteils zerstört worden, und nur mehr die höchsten Basaltkuppen seien übrig geblieben und repräsentieren so die Reste jener einst so mächtigen Formation.

Mit solchen Behauptungen, die er durch vermeintlich unzweifelhaft richtige Beobachtungen, wie die am Scheibenberger Hügel[2]), zu erhärten suchte, trat Werner zu einer Zeit hervor, als das System der Vulkanisten fast allgemein angenommen war. Er schien mit seiner neuen Theorie eine völlige Umwälzung oder doch eine Umkehr in der Geologie hervorrufen zu wollen und gewann wirklich nicht wenige und nicht unbedeutende Anhänger seines neptunistischen Systemes. Auch als sich einige seiner eigenen Schüler, wie Voigt, gegen ihn wandten, blieb er hartnäckig auf seinem Standpunkte stehen und behauptete sogar, der Vulkanismus bestehe darin, dass Kohlenflötze durch Zutritt von Luft in Brand geraten, dass also die Vulkane durch unterirdische Kohlenbrände erzeugt werden[3]). Es entbrannte darob alsbald namentlich in Deutschland eine heftige Fehde, die hüben wie drüben allmählich nur mehr durch theoretische Erörterungen geführt wurde und so einen gedeihlichen Fortschritt der Wissenschaft zu hindern drohte. Doch fehlte es in dieser Zeit auch nicht an Männern, namentlich in Frankreich, die, unbekümmert um den Widerstreit vorgefasster Meinungen, nicht von dem einzigen sicheren Wege, der zum Ziele führen konnte, abwichen, sondern an der wahren Quelle der Erkenntnis, in der Natur selbst, unermüdlich weiterforschten, durch ein gründliches Studium der Thatsachen Material auf Material sammelten, dadurch der geologischen Wissenschaft eine solide Grundlage schufen und den modernen Anschauungen die Wege ebneten.

Einer dieser Männer war Philipp Friedrich Baron von Dietrich, geboren 1748 zu Strassburg. Er zeigte schon frühzeitig ein entschiedenes Interesse für die Mineralogie.

---

[3]) Höpfners Magazin für Naturkunde Helvetiens, 1789, IV.

Mehrere Schriften verbreiteten seinen Ruf in Frankreich und in Deutschland. Nachdem er mehrere Studienreisen durch einen Teil Europas unternommen und verschiedene deutsche Werke ins Französische übersetzt hatte, wurde er Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris, der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin und derjenigen zu Göttingen. Unter der in Frankreich noch bestehenden Monarchie bekleidete Dietrich verschiedene höhere Ämter, so das eines kgl. Bergwerksinspektors, wurde in den Adelsstand erhoben und schliesslich Bürgermeister von Strassburg. Er war ein entschiedener Anhänger der Monarchie. Nach dem Sturze derselben musste er nach der Schweiz fliehen; bald jedoch kehrte er zurück und stellte sich freiwillig dem Gerichte, von dem er nach einigen Monaten freigesprochen wurde. Seine Feinde aber setzten seinen Namen auf die Liste der Emigranten, er wurde vom Revolutionstribunal nach mehrmonatlicher Gefangenschaft zum Tode verurteilt und in den letzten Tagen (28. Dezbr.) des Jahres 1793 hingerichtet.

Dietrichs umfangreiche schriftstellerische Thätigkeit erstreckte sich vornehmlich auf die Naturwissenschaften, und unter diesen wieder besonders auf die Geologie und auf die Mineralogie. Ausser einigen darunter umfangreicheren Werken[4]), die er selbständig veröffentlichte, liess er zahlreiche Aufsätze erscheinen in den „Mémoires de l'Académie" zu Paris, im „Journal de Physique" (von Rozier und Mongez) Paris, in den „Schriften der Berlinischen Gesellschaft" u. a. Speziell mit den vulkanischen Erscheinungen beschäftigen sich folgende Abhandlungen Dietrichs:

Description des volcans, decouverts en 1774, dans

---

[4]) Traduction du Traité chimique de l'air et du feu par Scheele, Paris 1781. — Supplément au traité de l'air et du feu, Paris 1785. — Description des gîtes de minerai, des forges et des salines de Pyrénées etc., Paris 1786. 2 vol. — Traduction des Observations de M. de Trebra sur l'intérieur des montagnes, Paris 1787.

le Brisgaw. Mémoires de l'Académie. Tom. X, Paris 1785.

Sur les volcans et la minéralogie de Kamtschatka. Journal de Physique. Tom. XVIII, Paris 1781.

Lettres sur la minéralogie et sur divers autres objets de l'histoire naturelle de l'Italie, écrites par Mr. Ferber à Mr. le Chev. de Born. Ouvrage traduit de l'allemand, enrichi de notes et d' observations faites sur les lieux, Strasbourg 1776.

Dietrich hat in den Anmerkungen, die er dem zuletzt genannten Werke anfügte, um seine eigenen Beobachtungen kundzugeben, sein vulkanologisches Glaubensbekenntnis niedergelegt. Sie geben uns ein klares Bild von seinen Ansichten über den Vulkanismus. Man muss, das kann schon jetzt gesagt werden, geradezu erstaunt sein, wenn man bedenkt, dass diese Ansichten vor mehr denn 100 Jahren geäussert wurden und doch mit der modernen Auffassung der vulkanischen Erscheinungen in vielen Punkten übereinstimmen. Doch wird sich an einer späteren Stelle noch Gelegenheit bieten, hierüber ausführlich zu handeln.

Zunächst sei es unsere Aufgabe, eine Darstellung von Dietrichs Beschreibung der Vulkane im Breisgau zu geben. —

Dietrich entdeckte den vulkanischen Ursprung des Kaiserstuhlgebirges i. J. 1774, nachdem er sich durch das Studium der Vulkane Italiens bereits eine Fülle von Erfahrungen gesammelt hatte.

Es erscheint als ein merkwürdiger Zufall, dass Dietrichs Interesse gerade auf den Kaiserstuhl gelenkt wurde. Denn es bot sich dadurch für ihn der Anlass zu einer Erforschung und Beschreibung desselben, und damit eröffnete er die lange Reihe von Bearbeitern, die dieses „physiographische Individuum" bis in die neueste Zeit herein beschäftigt hat. Ihre Abhandlungen bieten ein historisches Interesse. Denn die besten Kräfte der geologischen Wissen-

schaft haben in den verschiedenen Dezennien eines Jahrhunderts ihre Theorien an unserem Gebirge zu entwickeln versucht, Theorien, die zwischen dem äussersten Vulkanismus und dem äussersten Neptunismus schwankten. Die Namen, an die sich diese Schwankungen mit Bezug auf den Kaiserstuhl knüpfen, haben in der Geschichte der Geologie sämtlich einen guten Klang. Wir nennen hier Saussure[5]), von Ittner, „ein Bekenner der Werner'schen Schule vom reinsten Wasser"[6]), Selb[7]), Eisenlohr[8]), Fromherz[9]), Merian[10]), J. Schill[11]). Ausserdem erschienen noch zahlreiche Schriften, welche die Beschreibung einzelner Kaiserstuhler Gesteine zum Gegenstand haben.

So stellt, wie Nies (Geognostische Skizze des Kaiserstuhlgebirges im badischen Breisgau, Heidelberg 1862) sagt, die Geschichte eines einzigen basaltischen Gebirges eine Geschichte der gesamten Geognosie im Kleinen dar.

In neuester Zeit hat Adolf Knop über den Kaiserstuhl geschrieben („Der Kaiserstuhl im Breisgau", Leipzig 1892).

Der Verf. hat sich im wesentlichen zur Beurteilung der Abhandlung Dietrichs an die erwähnte Inaugural-Dissertation von F. Nies und an das eben bezeichnete Werk Knops gehalten. Knop, einer der eifrigsten Erforscher des Kaiserstuhls, war lange Jahre Professor an der technischen Hochschule zu Karlsruhe. Er unternahm seit dem

---

5) Observations sur les collines volcaniques de Brisgaw, Journal de physique par Lamétherie, Tome 44. p. 325 ff.

6) Eleutheria, 3. Bd. p. 1 ff.

7) Beweise für die Vulkanität der Basaltberge Schwabens. Zeitschr. für Mineralogie, 1823.

8) Geognostische Beschreibung des Kaiserstuhls, Karlsruhe 1829.

9) Geognostische Skizze in Schreibers „Freiburg und seine Umgebungen", zuerst 1838, dann in mehreren späteren Auflagen.

10) Über den Kaiserstuhl bei Freiburg, Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Basel, 1847 VII. p. 63 ff.

11) Geognostisch-mineralogische Beschreibung des Kaiserstuhls, Stuttgart 1854.

Jahre 1867 im Anschluss an seine Vorträge über Geologie jedes Jahr mit seinen Zuhörern eine Exkursion in den Kaiserstuhl. Ausserdem verweilte Knop oft und längere Zeit allein in unserem Gebirge, das ihm zu einer zweiten lieben Heimat wurde. Deshalb ist hier bereits in jeder Ortschaft der „Knop aus Karlsruh" bekannt. Namentlich aber bewahrt ihm der Landwirt und Mineralienhändler König von Oberbergen, dessen Vater bereits von Knop zu einem tüchtigen Mineralienkenner und Führer der Kaiserstuhlbesucher herangebildet worden war, ein anhängliches Andenken. Mit welcher Liebe und mit welch' unermüdlicher Arbeitskraft sich Knop der Erforschung des Kaiserstuhls hingab, das zeigt am deutlichsten sein Werk, welches nicht nur auf die Geologie, Hydrographie, Flora und Fauna des Kaiserstuhls, sondern auch auf die Geschichte und sozialen Verhältnisse der Bewohner eingeht.

Der Verf. unternahm im Juni des vorigen Jahres eine Studienreise nach dem Kaiserstuhl. Es wird sich Gelegenheit bieten, die eigenen Beobachtungen dieser Abhandlung einzuflechten. Als Orientierungsmittel für einen Besuch des Kaiserstuhls kann man die Karte des deutschen Reiches (1:100000), Sektion Kolmar i. E., speziell für den Geologen noch die Knops Werke beigegebene topographische Karte des Grossherzogtums Baden (1:25000) mit den geologischen Aufnahmen von Knop empfehlen.

Der Kaiserstuhl stellt sich im allgemeinen als ein isoliertes Gruppengebirge dar, das sich mitten in der Rheinebene, ganz nahe dem rechten Rheinufer, zwischen Vogesen und Schwarzwald bis zu 558 m über den Meeresspiegel erhebt. Die einzelnen Berggruppen sind durch mehr oder weniger tiefe und breite Einschnitte von einander getrennt.

Die mittlere, höchste Gruppe umschliesst ein breites Kesselthal. Dieses wird durch eine keilförmig eingeschobene Erhebung gegen Osten hin in zwei Arme geteilt, während

es nach Westen hin, wo das Gebirge geöffnet ist, in die Rheinebene ausmündet.

Zu dieser nur der allgemeinen Übersicht dienenden topographischen Skizze werden im folgenden noch alle Einzelheiten hinzugefügt werden.

Zur Erforschung des Kaiserstuhlgebirges wurde Dietrich durch einen Zufall veranlasst. Professor der Naturgeschichte Hermann von Strassburg erhielt einen in der Gegend von Alt-Breisach gefundenen „schwarzen Stein", von dem er vermutete, dass er vulkanischen Ursprungs sei. Ein Probestück von diesem Stein kam auch in die Hände Dietrichs. Dieser hatte sich durch seine Vulkanstudien in Italien schon viele Erfahrungen gesammelt und erkannte das Gestein als „Lava". Er entschloss sich alsbald, den Fundort desselben näher zu erforschen, und begab sich deshalb nach Alt-Breisach.

Die Lage Alt-Breisachs ist bestimmt durch den Rhein, von welchem es in einem Bogen zum Teile umflossen wird, sowie durch zwei Hügel, den Ekkartsberg und den Schlossberg. Die Steinmasse des letzteren besteht nach Dietrich aus Lava, von der sich die einzelnen Schichten durch verschiedene Färbung erkennen lassen. Die Risse und Spalten in dieser Lava seien durch die von den auf der Höhe liegenden Gebäuden abgeschwemmten gipsartigen Bestandteile ausgefüllt, die Aussenseite aber mit einer chalcedonartigen Kruste überzogen. Die Lava selbst sei mehr oder weniger verglaste Terracotta und enthalte viele weisse und schwarze Schörlkrystalle. Der Ekkartsberg bestehe vollständig aus vulkanischer Asche, die herumliegenden Lavabrocken stammen lediglich von dem Schutt der den Gipfel zierenden Burgruine. Innerhalb der beiden Berge vermutete Dietrich einen besonderen Krater, dessen Wände eben mit Ausnahme der beiden übrig gebliebenen Trümmer eingestürzt seien.

In Wirklichkeit bestehen die beiden Berge aus ver-

schiedenfarbigem, stark verschlacktem Agglomerat[12]), untermengt mit vielen Basaltblöcken von sehr dichtem Gefüge. Das Agglomerat enthält viele Augitkrystalle und Hornblendeaggregate. Die weissen Spaltenausfüllungen und die chalcedonartige Kruste sind eine kalkige Materie, ein Karbonat von Kalkerde. Der Ekkartsberg ist an seinem Südwestabhang, der Schlossberg nur auf seiner höchsten Stelle, am Tulla-Denkmal, von wo aus man unter Zuhilfenahme der hier angebrachten Orientierungsplatte einen prächtigen Ausblick weithin über die Umgegend bis in den Schwarzwald und die Vogesen geniessen kann, mit Löss bedeckt. Dietrich betrachtet diesen Löss, wie wir noch des Näheren sehen werden, irrtümlicherweise als vulkanische Asche.

Nachdem sich Dietrich von der vulkanischen Natur der beiden Breisacher Berge überzeugt hatte, beschloss er, auch die Hügelreihe nordöstlich davon zu erforschen, da die Breisacher von hier den schwarzen Baustein bezogen. Er wandte sich zunächst dem Berge Ihringen zu, so genannt nach dem Dorfe Ihringen. Wahrscheinlich wird hier der Föhrenberg und der nördlich sich anschliessende Winkler- oder Blankenhornsberg, der sich dann zum Hochbuck fortsetzt, beschrieben. Dietrich beobachtete, dass der Südabhang mit Lavatrümmern bedeckt sei, und dass hie und da mächtige Lavablöcke aus dem Berge hervortreten, während die übrigen Abhangsseiten eine mächtige vulkanische Aschendecke tragen. Diese Asche sei zwar schon ziemlich hart, aber noch lange nicht in so hohem Grade, dass man sie als Tuff betrachten könnte. Hier gibt also Dietrich eine Beschreibung desjenigen Produktes, das er als übereifriger Vulkanist für vulkanische Asche hält. Es ist dies jedoch, wie schon

[12]) So bezeichnet Knop in Übereinstimmung mit Nies das tuffartige Aggregat, in welchem das gröbere Material, Bomben, Lapilli, gegenüber dem feineren, Sand und Asche, vorwiegt. Von Eisenlohr, Schill und Leonhard (Geognostische Skizze Badens, Stuttgart, 1. Aufl. 1846. p. 34.) wurde dieses Gesteinsprodukt als Konglomerat bezeichnet und damit als deuterogenes Gestein betrachtet.

Saussure auf seiner 1791 unternommenen Reise erkannte, nichts anderes als Löss, der den grössten Teil des Kaiserstuhls oft in sehr mächtigen Schichten bedeckt und so dem Forscher recht viele Geheimnisse hartnäckig verhüllt. Auch die Hügel hinter dem Berge Ihringen bedeckt nach Dietrich meist von oben bis unten vulkanische Asche. Unter dem abgerundeten, weisslich grauen, sehr feinkörnigen Gestein, welches Dietrich mit Asche vermengt beobachtete und für Tuffstein hielt, haben wir wohl die allenthalben reichlich im Löss vorkommenden Konkretionen, sogenannte Lösskindel, zu verstehen, die manchmal thatsächlich Gesteinshärte aufweisen. Die Lava, die Dietrich am Südabhange als anstehend beobachtete, ist Agglomerat, das stellenweise von Basalt- und Phonolithgängen durchsetzt wird.

Beim Dorfe Achkarren nördlich von Ihringen beobachtet man ein auffällig weites, kesselartiges Thal. Dietrich vermutete hier einen besonderen Krater, dessen Wände noch vorhanden seien. Mit dem Lavabruch am Abhange der Achkarrener Berge meint Dietrich vielleicht den noch jetzt im Betriebe stehenden Steinbruch in dem Basaltgange am westlichen Abhang des Achkarrener Schlossberges.

Nordnordöstlich von Achkarren, beim Dorfe Rothweil, beobachtete Dietrich einen vollständig aus Lava bestehenden Berg. Aus der unmittelbaren Aufeinanderfolge der Lavaschichten schliesst er auf eine rasche Aufeinanderfolge der einzelnen Eruptionen; denn ausserdem, sagt er, müssten Zwischenschichten von Asche oder Humus, ähnlich wie bei Pompeji oder Herculanum, vorhanden sein. Er fasst also, wie es scheint, die „durch die Farbe und Beschaffenheit unterschiedenen Lavaschichten“ als Lavaströme auf, die nach ganz kurzen Pausen der vulkanischen Thätigkeit über einander flossen.

In der That besteht der hier wahrscheinlich gemeinte Kirchberg bei Niederrothweil in seinem östlichen Teile aus

Agglomerat, durchsetzt von Basalt- und Phonolithgängen, in seinem westlichen Teile aber aus reiner Phonolithmasse.

Wir ersehen aus diesem, sowie aus anderen bereits erwähnten Beispielen, dass Dietrich den Begriff „Lava" sehr weit fasst, indem er ihn nicht nur auf das bei einer Eruption ausgeströmte Material, sondern auch auf das aus dem gröberen ausgeworfenen Materiale zusammengebackene Agglomerat, wohl seine „verschiedenfarbige, buntscheckige „Lava", anwendet.

Von Rothweil ging Dietrich über Bickensohl nach Waasenweiler, einem Dorfe am südlichen Fusse des Kaiserstuhls, eine gute halbe Stunde nordöstlich von Ihringen. In der Nähe von Waasenweiler traf er auf einen Steinbruch; die zahlreichen Risse und Spalten in der Lava desselben fand er mit einer „steinigen, weissen alkalischen Masse ausgekleidet, ohne Zweifel der Niederschlag des Wassers, das von den höheren Vulkanhügeln herabfliesst und die alkalischen Bestandteile der Asche fortspült". Diese Ansicht Dietrichs ist in Bezug auf den Vorgang selbst richtig, nicht aber in Bezug auf die die Spalten ausfüllende Masse. Dieselbe ist vielmehr das Abscheidungsprodukt aus Kalklösungen, die sich im Löss, der vulkanischen Asche Dietrichs, gebildet haben. Genau so verhält es sich mit der Kruste an der Aussenseite; nur verwittert diese leichter und verändert dadurch einigermassen ihr Aussehen.

Die Lava selbst schildert Dietrich als sehr feinkörnig, dicht und ausserordentlich hart, mit schwarzen Schörlkrystallen und vielen glänzenden Schörlpunkten untermengt. In ihrem Bruche nähere sie sich dem Basalt, ihr Kern sei schwarz, die äusseren Schichten bräunlich, die alleräusserste, der Luft unmittelbar ausgesetzte endlich grau. Die hier beschriebene Lava ist nichts anderes als Basalt oder Tephrit mit Augit, an der Aussenseite ziemlich verwittert, wobei

die Feldspatoide als weisse Partieen — die glänzenden Schörlpunkte Dietrichs — hervortreten.[13])

Von Waasenweiler ging Dietrich am östlichen Fusse des Kaiserstuhls entlang nach Oberschaffhausen. Das Mineralwasser, das hier ausser zum Trinken auch zu Heilbädern verwendet wird, vermutete er als eisen- und vitriolhaltig.[14]) Die Lava, die Dietrich namentlich in zwei unmittelbar beim Dorfe liegenden Steinbrüchen beobachtete, schildert er als sandsteinähnlich, aschgrau, hart und kompakt. Verf. hat selbst die Steinbrüche Oberschaffhausens sowie den der Endhalde, einer Anhöhe nördlich von letzterem Orte, besucht und dabei manche interessante Funde gemacht. Das Gestein, das durch die Brüche angeschnitten ist, zeigt aschgraue Farbe, sehr feines Korn und enthält viele Einschlüsse, infolge deren sich die sonst ganz ähnlichen Varietäten der beiden genannten Fundstellen leicht unterscheiden lassen. Der Phonolith von Oberschaffhausen lässt sich nach der Menge des in ihm enthaltenen meist strahligen Natroliths oder Brevicits als Natrolithphonolith bezeichnen, derjenige der Endhalde wegen der vielen Einschlüsse von Analcim als Analcimphonolith. Als accessorische Gemengteile enthält ersterer besonders Titanmelanit, letzterer Kalkspat, und zwar vielfach fleischfarbenen.

In einem Hohlwege, der oberhalb Oberschaffhausen nach Vogtsburg führt, fand Dietrich unter grauer Lava eine braune, lederfarbene Thonerde, die er für das Zersetzungsprodukt der Lava hielt. Wahrscheinlich ist dies der von Knop in der Haggasse, einem Hohlwege nördlich von Oberschaffhausen, aufgefundene kurzbrüchige, dünnschiefrige Schieferthon.

Von Oberschaffhausen aus bestieg Dietrich den Gipfel des Kaiserstuhls Neunlinden. Unter dem Schatten

---

[13]) Knop nennt dieses Gestein auch „punktierten Basalt".

[14]) Die Mineralquelle von Oberschaffhausen enthält nach der Analyse Knops wenige Spuren von Salzen.

der beiden hier stehenden Linden genoss er den herrlichen Ausblick auf den ganzen Kaiserstuhl, auf die gewaltige Rheinebene und auf die dieselben begrenzenden Höhen des Schwarzwalds und der Vogesen. Heute findet man an diesem Orte nur noch eine einzige Linde, und auch diese lässt nur mehr an ihrem unteren Stamme grünbelaubte Zweige hervorsprossen, während die schon ganz dürre Krone als ein Ueberrest aus längst vergangenen Zeiten weithin im Gebirge sichtbar ist. Dietrich nennt diesen Gipfel den eigentlichen Kaiserstuhl, welcher Name sich dann auf das ganze Gebirge übertragen habe.

Bis jetzt fand Dietrich zwei Lavaarten, eine sehr dichte schwarze und eine graue. Die letztere hält er jedoch nur für eine Modifikation der ersteren, erzeugt durch die zersetzende Einwirkung von Luft und Wasser. Denn auch die Aussenseite der schwarzen Lava, die jener Einwirkung unmittelbar unterliegt, sei in eine graue Kruste verwandelt. In weiterer Konsequenz dieses Vorgangs stelle die graue Lava nur grosse losgebrochene Trümmer der schwarzen Lava vor, die eben schon in ihrer ganzen Masse von jener Zersetzung durchdrungen seien. Dietrich erklärt also, kurz gesagt, die graue Lava, unseren Phonolith, als ein Zersetzungsprodukt, erzeugt aus der schwarzen Lava, unserem Basalt. Irrt er darin freilich — denn die beiden Gesteine sind in ihrer Substanz, namentlich in Bezug auf den Kieselsäuregehalt, verschieden —, so weist er doch auf die Übereinstimmung der schwarzen Lava mit dem Basalt hin und ist damit einerseits auf dem besten Wege, die basaltische Natur vieler Kaiserstuhler Laven zu erkennen, andererseits hat er dadurch wieder ein wichtiges Moment zum Nachweise der vulkanischen Natur des Basaltes angedeutet.

Auch die auf der Eichelspitz nordöstlich von Neunlinden von Dietrich beobachteten und nach dem damals üblichen mineralogischen Systeme näher beschriebenen Lavaarten sind basaltischer und phonolithischer Natur.

Beim Dorfe Vogtsburg, nördlich unterhalb der Eichelspitz, fand Dietrich einen „Kalkspath, weiss, blätterig, krystallinisch, mit vielen schwarzen und braunen Schörlkrystallen und mit Blätern oder Glimmer grünlichen Schörls". Schon Dietrich beobachtete also das Vorkommen von Kalkstein im Zentrum des Kaiserstuhls, begnügte sich jedoch mit der einfachen Aufzeichnung dieser Thatsache. Unter den späteren Erforschern unseres Gebirges ist die Entstehungsart dieses Kalkes der Gegenstand einer wissenschaftlichen Kontroverse geworden.

Verf. hat die geologisch höchst interessante, keilförmig in das Zentrum des Kaiserstuhls vorgeschobene Erhebung zwischen Vogtsburg, Oberbergen und Schelingen eingehend beobachtet. Geht man von Vogtsburg aus unmittelbar am südlichen Abhang des Badberges entlang, so sieht man unter dem Löss fast nur den krystallinisch-grobkörnigen Kalkstein hervortreten. Nur etwa in der Mitte des Abhangs sind einzelne Phonolithgänge aufgeschlossen.[15]) Ganz in der Nähe eines derselben, dessen Gestein von Knop als Hauynphonolith bezeichnet wird, schneidet ein Seitenthälchen in den Badberg ein, welches den Namen Badloch führt und zwei Wassertümpel[16]) enthält. Hier ist der Kalk durch einen jetzt allerdings, so viel ich bemerkte, offen gelassenen Steinbruch angeschnitten; man kann deshalb bequem schöne Handstücke gewinnen. Am Fusse des Steinbruches liegen zahlreiche Brocken des Gesteines umher, die mit der Zeit so mürbe geworden sind, dass man sie

---

[15]) Diese Arbeit wird gewöhnlich von dem Mineraliensammler Wilh. König von Oberbergen besorgt. Derselbe beweist in der Auffindung und Unterscheidung solcher Gänge ein grosses Geschick. Dazu ist er wegen seiner ausgedehnten Lokalkenntnis ein sehr geschätzter Führer bei wissenschaftlichen Exkursionen, welche die Erforschung des Kaiserstuhls zum Ziele haben.

[16]) Das Wasser derselben soll in früheren Zeiten einen höheren Grad von Wärme besessen und noch vor mehreren Jahren in Oberschaffhausen weilenden Kurgästen Linderung gewährt haben.

mit den Fingern zerdrücken kann; dabei wird man einer Unmenge brauner, messingfarbener Blätter gewahr, von Knop als Pseudobiotit bezeichnet. Unter der zerriebenen Masse bemerkt man aber hie und da auch würfelförmige Kryställchen, und sieht man sich etwas im Schutte auf dem Boden um, so entdeckt man bald eine Menge derselben lose herumliegen; man kann nur mit Mühe ein festes Handstück mit solchen Krystallen, von Nies als Perowskit, von Knop als Dysanalit bezeichnet, gewinnen. Geht man am Abhang des Badberges weiter, so wird man, wenn man scharf acht gibt, auch einmal ein Gestein bemerken, welches dem Phonolith ganz ähnlich ist, aber deutlich sichtbare glasglänzende tafelige Krystalle von grünlich-grauer Farbe enthält. Es ist dies das in einem Sonderabdruck[17]) aus den Berichten der oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde vom Jahre 1898 beschriebene Gehlenit-Gestein.

Das westliche Ende des Badberges, Horberig genannt, ist die Fundstätte verschiedener Phonolithe (Sanidin-, Hauynphonolith und Hornblendeandesit) mit prächtigen Einschlüssen.

Der Koppit-Kalkstein kann in einigen Steinbrüchen bei Schelingen gewonnen werden.

Von Oberrothweil, einem Dorfe in der westlich von der „Caldeira“ des Ringwalles — dem Kesselthale im Zentrum — auslaufenden Thalschlucht,[18]) setzte Dietrich seine Wanderung nach Norden längs der Westseite des Kaiserstuhls fort und gelangte zunächst nach dem Städtchen Burkheim, von hier an „Aschen- und Lavahügeln“ vorüber nach Bischoffingen und Königsschaffhausen, auf einem Wege westlich davon über Leiselheim an das Nordende der westlichen Seite des Gebirges, $^1/_4$ Stunde

[17]) „Ein neues Kontaktgestein aus dem Kaiserstuhl“ von Reinh. Brauns.

[18]) Derartige Thalschluchten werden gewöhnlich mit einem spanischen Worte als „Barrancas“ bezeichnet.

südlich von Sasbach. Der Grund von Sasbach wird im Norden von zwei durch ein flaches Thal von einander getrennten Bergen, dem Lützelberg und der Limburg, begrenzt. Dietrich wandte diesen beiden für den Geologen interessantesten Punkten des Kaiserstuhls seine besondere Aufmerksamkeit zu. Die Limburg namentlich beschreibt er folgendermassen: „Die Basis des Berges besteht, wie man am südlichen Fusse vom Rhein aus bemerkt, aus einer hohen vulkanischen Aschenschicht, untermengt und überragt von drohenden Lavafelsen. Der Gipfel und der Kern des Berges aber besteht aus reiner Lavamasse.“ Diese Beschreibung Dietrichs deutet im allgemeinen die richtigen Verhältnisse an. Bei ganz genauer Untersuchung lassen sich jedoch an der Westseite der Limburg, von der Rheinbrücke aus, drei durch Schlackenagglomerat und Tuffschichten von einander getrennte basaltische Lavaströme erkennen. Diese Lagerungsverhältnisse deuten wohl auf wiederholte heftige Eruptionen hin. — Für den Mineralogen bietet sich an diesem Punkte des Kaiserstuhls die grösste Fülle des Interessanten. Die Südseite des Berges, welcher auf seinem Gipfel die Ruine der Limburg trägt, ist durch einen mächtigen Steinbruch von oben bis unten angeschnitten, und dadurch wird dem Forscher Gelegenheit geboten, nicht nur geologische Beobachtungen anzustellen, sondern auch die schönsten Kaiserstuhler Mineralien kennen zu lernen. Hier findet sich der typische Limburgit, eine basaltische Lava von amorpher, glasiger Grundmasse, der Hyalosiderit, das rote, eisenartige Umwandlungsprodukt von Olivin, der kreideähnliche, aber sehr harte Magnesit, die kugeligen Formen des Kalkspaths, auf der Oberfläche, in Drusen und Spalten des Limburgits wunderbare, oft grosse Partien strahligen Aragonits, in den vielen grossen und kleinen Drusen Philippsit, hie und da auch Faujasit. Auf der westlichen Seite des Berges, gegenüber dem Zugang zur Rheinbrücke, befindet sich ebenfalls ein jetzt allerdings

aufgelassener Steinbruch. Hier findet man unter anderem weingelben Kalkspath, hie und da auch Stücke in Bol umgewandelten fossilen Holzes.

Dietrich sagt, indem er die Lava der Limburg, also den Limburgit, beschreibt, diese unterscheide sich von allen anderen Lavaarten des Kaiserstuhls, obwohl sie im wesentlichen die nämlichen Bestandteile enthalte; das Charakteristische an ihr sei die Buntscheckigkeit, eine Folge der verschiedenen Verteilung und Grösse der einzelnen Substanzen.

Die äusserste Westgrenze des Kaiserstuhls beobachtete Dietrich auf seiner Wanderung nicht. Um dieselbe kennen zu lernen, verfolgte der Verf. die Strasse von Sasbach über Jechtingen und Sponeck nach Burkheim. Die Höhen längs derselben sind meist mit einer hohen Lösschicht bedeckt, die Abhänge mit Getreide bestanden. Nur in der Nähe der Burg Sponeck sind die Hänge durch eine Reihe von Steinbrüchen angeschnitten. Das Gestein derselben ist meist verschieden-farbiges Agglomerat, von zahlreichen weissen Adern durchzogen. Hie und da bemerkt man an der Strasse auch einen Basaltgang anstehend.

Von Sasbach aus ging Dietrich den Nordrand des Kaiserstuhls entlang und kam zunächst nach Endingen. Es fiel ihm namentlich der schwarze, glänzende, eisenhaltige Sand auf, den die Bäche in dieser Gegend in grösserer Menge mit sich führen als sonst im Kaiserstuhl, und welchen man in der Umgebung aller Vulkane findet.

Knop beobachtete diesen Sand ebenfalls. Nach seiner Untersuchung besteht derselbe vorwiegend in Körnern von zersetztem Augit und Magnetit, die jedenfalls durch das Regenwasser vom Gestein losgeschwemmt wurden.

Von Endingen begab sich Dietrich nach Riegel am Nordostende des Gebirges, von hier südwärts die Ostseite an der Dreisam entlang, wobei er durch die Dörfer Bahlingen, Eichstetten, Bötzingen kam, und schliesslich nach Oberschaffhausen und Waasenweiler

zurückgelangte. Auf diesem ganzen Wege beobachtete er nur „Aschenhügel“, während man Lava höchstens auf den Gipfeln oder auf dem rückwärtigen Abhang derselben finde. Alle Hügel seien mit Stücken eines alkalischen Tuffes angefüllt, welcher, zermalmt, ein der Asche ganz gleiches Produkt liefere. Dieser Tuff sei in der That auch nichts anderes als verhärtete vulkanische Asche und werde von den Landesbewohnern mit seinem richtigen Namen als „Tuffstein“ bezeichnet. Dietrich gibt also hier seine Ansicht von dem Wesen des Tuffs zu erkennen. Aber seine vulkanischen Aschen sind in Wirklichkeit Löss, der „alkalische Tuff“ Lösskonkretionen, von den Landesbewohnern nicht „Tuffstein“ genannt, sondern „Duchstein“.

Nachdem Dietrich im ganzen Kaiserstuhl mit Ausnahme des „Spaths von Vogtsburg“ nur den sogenannten „schwarzen Stein“ fand, erschien es ihm äusserst sonderbar, dass der Michelsberg, der das Nordostende des Gebirges bei Riegel bildet, Kalkstein liefere, obwohl er doch ebenso wie der nur durch einen Hohlweg von ihm getrennte Durlenberg zum grössten Teil aus „vulkanischer Asche“ gebildet sei. Dietrich wird dadurch auf die Vermutung gebracht, dass der Kalk, der unter dem Gerölle der Rheinebene vom Schwarzwald her sich fortsetze, durch die vulkanischen Eruptionen mit emporgerissen wurde. Dass dabei der Kalkstein keine besonderen Veränderungen erlitt, sei dem Umstande zuzuschreiben, dass an diesem äussersten Rande des Vulkangebietes die Vehemenz der Ausbrüche nur eine geringe war. Als einen Beweis dafür, dass der Durchbruch des Kaiserstuhlvulkans überhaupt durch Kalklager erfolgte, sieht Dietrich die Beobachtung an, dass die Asche, der Tuff und viele Lavaarten des Kaiserstuhls bei der Behandlung mit Säuren brausen. Dietrich betrachtet also den Michelsberg als geognostisch zum Kaiserstuhl gehörig, als ein Produkt der Eruptionen, die den Kalkstein mit aus der Tiefe heraufbeförderten und wegen

der hier nicht mehr so grossen Vehemenz nicht merklich veränderten. In weiterer Konsequenz dieser Ansicht wäre dann der Kalk gegen das Zentrum, wo die Eruptionen viel heftiger waren, ganz verändert worden und seine Reste nur mehr durch den Kalkgehalt der Aschen, Tuffe und mancher Laven dargestellt. Allein weder der Beweis für die vulkanische Natur des Michelsberges noch der für den Kalkdurchbruch des Kaiserstuhlvulkans ist zutreffend. Denn einmal ist das lockere Material, welches den Michelsberg bedeckt, nicht vulkanische Asche, sondern Löss, und dann besteht auch das Material, welches bei der Behandlung mit Säuren braust, nicht in vulkanischer Asche und Tuff, sondern in Löss und dessen Konkretionen, die ja viele Kalklösungen enthalten. Nies und Knop behaupten darum mit vollem Rechte, dass der Michelsberg geognostisch nicht mehr zum Kaiserstuhl gehört, sondern eine Jurakalkablagerung vorstellt, die „mit dem Thuniberg (südlich vom Kaiserstuhl) und anderen ähnlichen Höhenzügen in unterirdischem Zusammenhang stehend, aus dem die Rheinebene nivellierenden Geröll-, Grand- und Sandablagerungen emporragt.“ (Knop.) —

Dem bis jetzt behandelten grossenteils mineralogischen Teile folgen nun die geologischen Beobachtungen Dietrichs. In diesem Abschnitte stellt Dietrich seine Ansichten über das Alter, über die Gesamterscheinung, über einzelne Eigenschaften der Gesteinsarten des Kaiserstuhls im besonderen und über den Vulkanismus im allgemeinen auf.

Daraus, dass in den Chroniken nie etwas von der vulkanischen Natur des Kaiserstuhls erwähnt wird, schliesst Dietrich, dass die Ausbrüche im „fernsten Altertum“ stattgefunden haben. Freilich soll nach einer alten Ueberlieferung im Lande noch eine gewisse Erinnerung an die Zeiten vorhanden sein, da der Rhein eine gute Stunde weiter östlich dahinfloss. Dietrich vermutet jedoch mit vollem Rechte, dass mit dieser Überlieferung nur die kleineren

Veränderungen des Flussbettes angedeutet werden. In der That berichten die Chroniken, dass „Alt-Breisach zur Römerzeit dem linken Rheinufer näher lag, ja eine Zeit lang mit diesem sogar verbunden war, bis es im 10. Jahrhundert wieder Insel und dadurch, dass allmählich der rechte Arm, der den Kaiserstuhl umfloss, versandete, mit dem rechten Rheinufer verbunden wurde“ [19]). Ferner soll man, wie Dietrich erzählt, nach einer uralten Überlieferung im Lande ehemals „feurige Drachen“ auf den Bergen gesehen haben. Diese feurigen Drachen, die Dietrich für die letzten Aufzuckungen der vulkanischen Thätigkeit hält, sind natürlich in das Reich der Sage zu verweisen.

In Bezug auf das Alter des Kaiserstuhls gehen also Dietrichs Vermutungen, wie er wiederholt andeutet, dahin, dass das Gebirge durch vulkanische Eruptionen entstand zu einer Zeit, als der Rhein noch näher am Schwarzwalde dahinfloss; der zu dieser Zeit also schon vorhandene Rheinstrom wurde eben durch die plötzliche Erhebung des Kaiserstuhls gezwungen, eine westliche Ausbiegung zu machen. Eine genauere Angabe über das Alter unseres Gebirges zu machen, war Dietrich nicht in der Lage, da man ja zu seiner Zeit noch nicht gewöhnt war, eine Altersbestimmung der Gebirge aus der Formation, der ihr Gestein angehört, oder aus der Formation, welche von einer Erhebung vulkanischer Natur durchbrochen wurde, herzuleiten.

Was den Kaiserstuhl in seiner Gesamterscheinung als Vulkan anbelangt, so besteht derselbe nach Dietrichs Ansicht aus drei Hauptteilen, aus dem Gros in der Mitte, aus der Breisacher Bergpartie im Süden und aus der Sasbacher Bergpartie im Norden. Die Breisacher Partie, die

---

[19]) So Knop nach: Das Grossherzogtum Baden p. 791 und „Rossmann und Ens, Geschichte der Stadt Breisach.“ 1851, sowie „Breisach. Seine Vergangenheit und Gegenwart. Ein geschichtlicher Überblick nebst Beschreibung der Stadt, von A. Clorer, Altbürgermeister.“

vom Hauptteile durch eine breite Ebene getrennt sei, stelle den Rest eines besonderen Kraters dar, der seine Entstehung besonderen, vom Zentrum unabhängigen Eruptionen verdanke. Hinsichtlich der Sasbacher Partie, Limburg und Lützelberg, neigt Dietrich mehr der Ansicht zu, dass sie ehedem mit dem eigentlichen Kaiserstuhl zusammenhing, lässt jedoch auch die Möglichkeit zu, dass sie ihren Ursprung einem besonderen Schlunde verdanken könnte.

Das Gros des Kaiserstuhls vergleicht Dietrich mit den Euganeen bei Padua und mit dem Albanergebirge bei Rom. Der höchste Gipfel bilde das Zentrum; von diesem Zentrum aus seien die ersten und heftigsten Eruptionen erfolgt; doch hätten auch an mehreren anderen Stellen Ausbrüche stattgefunden. Analoge Vorgänge zeigen ja rezente Vulkane, z. B. der Vesuv und der Ätna. Beim grossen Vesuvausbruch i. J. 1767 sei die Lava an sieben Stellen hervorgetreten. Über diesen Feuerschlünden entstehen ebensoviele Hügel und infolge ihres Gipfeleinsturzes ebensoviele Krater. Durch solche Flankenausbrüche seien wohl auch die 44 Vulkanhügel gebildet worden, welche am Abhang des Ätna unterhalb des Hauptschlundes beobachtet wurden.

Dietrichs geologisches System lässt sich also bezüglich des Kaiserstuhls dahin zusammenfassen: Das Zentralthal stellt eine grosse Kratereinsenkung dar, über der sich ehemals der Hauptgipfel des Vulkans erhob. Die das Thal unmittelbar umschliessenden Höhen sind die Reste dieses Hauptkraters. Die Berggruppen, welche die Zentralgruppe umlagern, sind das Produkt von Flankenausbrüchen und stellen die Reste sogenannter parasitärer Krater dar. Namentlich ist ein solcher Krater ganz deutlich in dem engen Kesselthale bei Achkarren zu erkennen. Die beiden Breisacher Berge sind die Überbleibsel einer Erhebung, die durch vom Gros des Gebirges ganz unabhängige Eruptionen erzeugt wurde. Die Sasbacher Berge dagegen hingen ehedem wahrscheinlich mit der Mittelgruppe zusammen.

Einiges Interesse bieten vielleicht auch die Beobachtungen, die Dietrich an den Kaiserstuhler Laven in Bezug auf ihren Einfluss auf die Magnetnadel anstellt. Er sagt, die Stärke dieser Einwirkung hänge von der Menge des in der Lava enthaltenen Phlogistons ab. Da nun auch die Farbe der Lava je nach der grösseren oder geringeren Menge des in ihr enthaltenen verbrennlichen Princips schwarz, braun oder rot sei, so könne man aus der Farbe auf die Stärke des magnetischen Einflusses schliessen. Dieser Einfluss konzentriere sich namentlich auf die schwarzen vulkanischen Schörlkrystalle. Diese letzteren könne man eben durch jene Eigenschaft von den nichtvulkanischen Schörlkrystallen unterscheiden, wie sie namentlich viele Granite[20]) enthalten. — Dietrich war also, wie aus dieser Ausführung zu ersehen ist, noch ein Anhänger der in der Chemie des 17. und 18. Jahrhunderts allgemein angenommenen Phlogistontheorie, dessen Sturz soeben Lavoisier vorbereitete.

Die Laven von Alt-Breisach, vom Kaiserstuhl und von der Limburg sind, wie Dietrich sich ausdrückt, alle aus dem gleichen Materiale gebildet und unterscheiden sich nur durch ihre Farbe und Porosität, sowie durch das Verteilungsverhältnis und die Gestalt der einzelnen Bestandteile. Vergebens suchte Dietrich den „schwarzen isländischen Achat“, den echten Bimsstein, den säuligen Basalt und die eigentliche Puzzolanerde. Damit fügt er den verschiedenen Lavaarten und der Asche noch die Gesteine hinzu, die nach seiner Ansicht vulkanischer Natur sind, und die er auch im Kaiserstuhl zu finden hoffte, den Obsidian, den Bimsstein, den säuligen Basalt und die Puzzolanerde, den grobkörnigen, vulkanischen Sand. Da Dietrich den Löss für vulkanische

---

[20]) Dietrich scheint also den Granit nach der noch am Ende des vorigen Jahrhunderts üblichen Denkweise als ein auf wässrigem Wege entstandenes Gestein zu betrachten. Hiezu steht auch im Einklang: „Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde“, Berlin 1787, p. 48 des zweiten Teiles.

Asche hielt, ein der Puzzolanerde ähnliches, nur feineres Produkt, so stellte er Versuche an, ob sich durch Mischung von Kaiserstuhler Asche mit Kalk nicht ein ebenso guter Mörtel herstellen lasse wie mit der Puzzolanerde. Obwohl er keine befriedigenden Resultate erzielte, kam er nicht von seiner irrigen Meinung ab und forderte sogar zu weiteren Versuchen mit seiner „Asche" auf.

Zum Schlusse kommt Dietrich noch auf die Ursache des Vulkanismus im allgemeinen zu sprechen. Er schreibt dieselbe einem „unterirdischen Aufbrausen gelegentlich der Vermengung und Auflösung der einzelnen Bestandteile der vulkanischen Produkte, gelegentlich der Vermengung und Auflösung von Eisen, Vitriol, Schwefel, Wasser und Kalkstein zu. Dass alle Vulkane dieser gleichen, lokalen Ursache zuzuschreiben sind, dafür spreche die Gleichheit ihrer Produkte, die Nähe des Meeres oder grosser Flüsse und die Nachbarschaft von Kalkgebirgen.

Über diese Ansichten Dietrichs von den vulkanischen Erscheinungen im allgemeinen eingehender zu handeln, wird sich noch Gelegenheit bieten. Mit besonderer Beziehung auf die Geologie des Kaiserstuhls erscheint es als interessant, auch die Ansichten neuerer Schriftsteller kennen zu lernen und mit denen Dietrichs zu vergleichen.

Nies äussert sich etwa folgendermassen. Der Kaiserstuhl entstand in der Zeit nach der Ablagerung der Molasse und vor der des Lösses, also etwa gegen das Ende der Miozänperiode des Tertiärs. Von mehreren Eruptionsstellen die sich um ein Zentrum, das von Eruptionen frei blieb, gruppierten, flossen die Lavaströme nach diesem Mittelpunkt und stiessen hier zusammen. Dadurch bildete sich ein intercolliner Raum, der durch die erodierende Wirkung von Wasser und Luft zu einer kesselförmigen Einsenkung, der „Caldeira", erweitert und vertieft wurde. Längs einer Spalte, die nach Westen zog, waren mehrere gleichsam parasitische Schlackenkegel entstanden; diese wurden mit der Zeit durch

die Atmosphärilien zerstört, so dass sich nun dem Wasser ein Abflussthal nach dieser Richtung, die „Barranca“, öffnete. Dieser Vorgang vollzog sich in ähnlicher Weise in den übrigen Teilen des Gebirges, und zugleich bohrten die Wasserabflüsse in dem Abfall desselben immer tiefere Rinnen aus. Dadurch entstanden die vielen Berggruppen und infolge der langen Dauer der vereinigten zersetzenden und hinwegführenden Thätigkeit von Luft und Wasser grössere Absonderungen vom Stocke des Gebirges, die Breisacher und die Sasbacher Partie. Dass die Eruptionen in grossen Pausen auf einander folgten, dafür spricht das Fehlen von Schlackenkegeln, die eben während der langen Pausen von den Atmosphärilien zerstört wurden, während das Wasser ihren Schutt fortführte. Also schon bevor der Absatz des Lösses aus Wasser im Diluvium erfolgte, bot der Kaiserstuhl das Bild eines „Vulkanskeletts.“ Der Kalk im Zentrum ist als ein Quellenabsatz, nicht als „eine Bildung durch einen See, der in das Zentralthal eingedrungen wäre“, zu betrachten.

Zu vielfach ganz anderen Schlüssen gelangt Knop. Zwar haben auch ihn die tertiären Einlagerungen im Kaiserstuhl überzeugt, dass die Entstehung desselben in die Periode des Tertiärs fällt. Aber da zu dieser Zeit das Rheinthal mit dem Tertiärsee erfüllt war, so ist Knop der Ansicht, dass der Kaiserstuhl einen submarinen Vulkan darstelle, dessen Eruptionskegel jedoch als Insel aus dem Wasser emporragte, wie das erwähnte Vorkommen in Bol verwandelten fossilen Holzes beweist. Unterhalb dieses Eruptionskegels habe ehemals ein Kratersee existiert. Den Raum desselben nehme nunmehr die „Caldeira“ ein, welche die Stelle der Haupteruptionsthätigkeit darstelle. Der über ihr aufgebaute Kegel sei ebenso wie alle anderen Eruptionskegel durch den Wellenschlag des Wassers zerstört worden, wie auch alle Aschen, Sande und Lapilli durch das Wasser fortgeführt wurden. Die Barranca sei vermutlich das Thal, durch

welches der Abfluss des unterirdischen Sees erfolgte. Die vielen im allgemeinen radial verlaufenden Bergrücken, die durch Radialthäler von einander getrennt sind, seien vulkanische Gangzüge, um welche die durch Kontaktmetamorphose verfestigten Auswürflinge gleichsam einen Mantel bilden. Die isolierten Partien von Breisach und Sasbach seien wahrscheinlich dadurch entstanden, dass vulkanische Spalten vom Stocke des Gebirges in das Nebengebäude sich fortsetzten und Veranlassung zu besonderen Eruptionen gaben. Den Anlass zum Ausbruch der vulkanischen Thätigkeit erblickt Knop darin, dass ein Teil des Wassers des Tertiärsees in die Tiefe versank. Die Zerstörung des Kaiserstuhls sei erst in der Periode des Diluviums durch den Wellenschlag des Diluvialsees erfolgt. Durch kontinentale Hebung sei dann der rheinische See immer flacher geworden, bis er sich endlich in der Grabensenkung zwischen Schwarzwald und Vogesen, indem er von den Alpen und den anderen Gebirgen her Zuflüsse empfing, zum Rheinstrom gestaltete, und der Kaiserstuhl als Vulkanruine, überlagert von der mächtigen, aus dem Wasser abgesetzten Lössdecke, trocken gelegt war. Der Kalkstein sei ein Absatz, der aus dem überhitzten Wasser in den unterirdischen Höhlungen des Zentraleruptionskegels erfolgte.

Ein Vergleich zwischen diesen geologischen Reflexionen und denjenigen Dietrichs dürfte etwa Folgendes ergeben. Nies ist der Ansicht, dass das Zentrum des Kaiserstuhls von Eruptionen frei blieb; solche fanden vielmehr an verschiedenen Stellen rings um dieses Zentrum herum statt. Dietrich und Knop nehmen im Gegenteil an, dass hier in der Mitte des Gebirges die Haupteruptionen stattfanden, dass sich der Haupteruptionskegel des Gebirges über dem jetzigen Kesselthale, der „Caldeira“, erhob, später aber bis auf die dieses Thal unmittelbar umgebenden Höhen zerstört wurde. Die vielen Berggruppen, die den zentralen Ring umlagern, fasst Dietrich als die Reste eigener, und zwar parasitärer

Krater auf. Nies und Knop dagegen betrachten sie als das Resultat der lang andauernden, zersetzenden und abnagenden Thätigkeit der Luft und des Wassers. Namentlich unterlagen die lockeren Auswürflinge diesem Zerstörungswerke. Deshalb ist nur mehr das widerstandsfähigste Gestein übrig, die vulkanischen Gangzüge und der sie umhüllende feste Mantel, d. i. das Agglomerat, welches ein breccienhaftes Gemenge von lockeren Auswürflingen und Lavabruchstücken darstellt. Nach Nies ist auch die Breisacher und Sasbacher Partie als eine solche durch die Atmosphärilien und das Wasser bewirkte Absonderung zu betrachten. Knop hingegen glaubt in diesen beiden Berggruppen Erhebungen erblicken zu müssen, die über vulkanischen, vom Eruptionszentrum ausgesendeten Spalten aufgebaut wurden. Dietrich steht zwischen beiden. Er betrachtet die Breisacher Partie als die Reste eines vom eigentlichen Kaiserstuhl unabhängigen Vulkans, neigt aber bezüglich der beiden Sasbacher Berge mehr der Ansicht zu, dass sie ehemals mit dem Grundstocke des Gebirges zusammenhingen.

Auf alle Fälle stellt der Kaiserstuhl eine Vulkanruine dar, die Dietrich sehr passend mit den Euganeen bei Padua verglich. Hier machten bekanntlich auch Suess[21]) und Reyer[22]) ihre Vulkanstudien. Reyer insbesondere suchte aus dem Verlaufe der Lavagänge, die ja im allgemeinen eine periklinale Anordnung um eine zentrale Axe[23]) andeuten, die Lage des Kraters herauszukonstruieren. Bergeat beobachtete jedoch neuerdings, dass eine periklinale Anordnung oft gar nicht mehr zu erkennen und deshalb die Rekonstruktion alter Vulkanruinen aus dem Skelette

---

[21]) Suess, Der Vulkan Venda, Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1875, LXXI.

[22]) Reyer, Die Euganeen, Wien 1877.

[23]) Kayser, Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Stuttgart 1893, 1. Teil.

der Lavagänge meist sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sei.

Dietrichs geologische Erwägungen bezüglich des Kaiserstuhls sind also, wie wir gesehen haben, sehr tiefgehende und treffen in vielen Punkten das Richtige. Jedenfalls beweisen sie, dass Dietrich bei seinen Beobachtungen in der Natur einen scharfen Blick und ein gesundes Urteil bekundete.

Etwas spärlicher als in der Beschreibung des Kaiserstuhlgebirges sind uns Anhaltspunkte zur Beurteilung der Auffassung, welche Dietrich von den vulkanischen Erscheinungen hatte, in seiner Beschreibung der Vulkane und der Mineralogie Kamtschatkas gegeben (Sur les volcans et la minéralogie de Kamtschatka. Journal de Physique par Rozier et Mongez. Tome XVIII, Paris 1781.). Diese Abhandlung stellt sich dar als eine Zusammenfassung der Beobachtungen, welche bis zu Dietrichs Zeit auf Kamtschatka angestellt und in verschiedenen deutschen, französischen und englischen Werken niedergelegt worden waren. In einzelnen Anmerkungen, die Dietrich der Beschreibung beifügt, gibt er seine eigene Anschauung über die gerade besprochenen Verhältnisse kund. Doch, wie gesagt, es sind nur sporadische Bemerkungen über einzelne Seiten des Vulkanismus, die nur zum Teile den Standpunkt Dietrichs charakterisieren. Er verweist darum selbst wiederholt auf seine in der Übersetzung der Ferber'schen Briefe ausgesprochenen Ansichten.

Für die Erforschungsgeschichte Kamtschatkas gewinnt Dietrichs Abhandlung insoferne Interesse, als darin die Ergebnisse der wissenschaftlich bedeutendsten Forschungsreisen des 18. Jahrhunderts, welche nach dem noch heute ziemlich wenig bekannten Gebiete des russischen Reiches unternommen wurden, zusammengefasst werden. Georg Wilhelm Steller und der russische Student Krascheninnikow haben fast zu gleicher Zeit (um 1738) Kamtschatka zum Gegenstand ihrer wissenschaftlichen Untersuchung gemacht. Steller, lange Jahre Mitglied der Akademie der

Wissenschaften zu St. Petersburg, starb nach mehrjährigem Aufenthalt in Sibirien, gerade als er im Begriffe war, nach St. Petersburg zurückzukehren. Seine Reisebeschreibung wurde i. J. 1774 in deutscher Sprache veröffentlicht. Über das Werk des zweiten Kamtschatka-Reisenden, Krascheninnikows, das in zwei französischen Übersetzungen 1767 und 1768 erschien, fällt Dietrich nicht gerade das günstigste Urteil: einerseits vermisste er in demselben viele interessante Einzelnheiten, andrerseits bemerkte er, das Krascheninnikow das Meiste einfach von Stellers Schilderung übernommen habe. — An weiterer Literatur erwähnt Dietrich eines i. J. 1768 in Erlangen erschienenen französischen Abrisses der Beschreibung Kamtschatkas, einer deutschen Abhandlung über die Entdeckung des „nördlichen Archipels (Aleuten) durch die Russen, welche 1774 von Raspe ins Englische übersetzt wurde, endlich der französischen Ausgabe eines Werkes über die Geschichte der Entdeckungen der Russen im Nördlichen Eismeer und in dem nördlichen Teile des Grossen Ozeans.

In einem Aufsatze von Karl Diener (Ergebnisse der Forschungsreisen K. von Ditmars auf der Halbinsel Kamtschatka in den Jahren 1851—1855, Geographische Mitteilungen von Petermann, 1891, p. 175 ff.) ist die Erforschungsgeschichte Kamtschatkas bis in die neueste Zeit fortgesetzt. Von geringerer Bedeutung waren die Reisen von Lesseps (1787), Dobell (1812) und v. Kitlitz (1826). Neues wichtiges Material für die Kenntnis der Halbinsel dagegen lieferte die Forschungsreise Ermans (1829), ganz besonders aber jene Ditmars, der sich mehrere Jahre (1851—1855) dortselbst aufhielt. In noch neuerer Zeit bereisten Kamtschatka George Kennan (1865), F. Whymper (1865) und Kettlewell, letzterer, begleitet von Guillemard und Powell, i. J. 1882 gelegentlich einer Reise um die Erde auf der Dampfyacht „Marchesa“.

Der folgenden Abhandlung ist neben Dietrichs Be-

schreibung der oben erwähnte Aufsatz Dieners zugrunde gelegt. Die Benennung der einzelnen Örtlickeiten ist, wo es möglich war, dem letzteren angepasst, da dies zur Orientierung nach den modernen Karten als notwendig erscheint.

Die Orographie Kamtschatkas wird durch zwei ihrer Natur nach wesentlich verschiedene Höhenzüge bestimmt. Der eine, welcher westlich der Bolschaja, dem durch Vereinigung der Bystraja und Natschika entstandenen Flusse, beginnt und sich in mehreren parallelen Ketten längs der Westküste erstreckt, wird von Ditmar als „kamdschadalisches Mittelgebirge" bezeichnet. Dasselbe besteht in seinem südlichen Teile aus älteren krystallinischen Gesteinen (Schiefern), ferner aus Granit, Syenit und Porphyr, in seinem nördlichen aus tertiärem Sandstein, unterbrochen von Basalten und Trachyten. Die Grenze zwischen diesen beiden Teilen bildet die vulkanische Itschinskaja Ssopka, nach Ermans Messung (5160 m) die bedeutendste Erhebung der Halbinsel. — Der Höhenzug längs der Ostküste stellt sich dar als eine Reihe teils erloschener, teils noch thätiger Vulkane. Stellenweise verdoppelt und verdreifacht sich diese Reihe.

Die beiden Haupthöhenzüge werden durch eine Einsenkung getrennt, welche westlich der Bolschaja beginnt, sich längs der Kamtschatka, des bedeutendsten Flusses der Halbinsel, hinzieht und nach der östlichen Ausbiegung der letzteren im Thale ihres Nebenflusses Jelofka endet. Im Norden stossen die beiden Gebirgszüge nahe an einander und enden etwa unter 62° nördlicher Breite an der flachen öden Moostundra des Parapolskij Dol.

Dietrichs Abhandlung beschäftigt sich fast ausschliesslich mit der Vulkanreihe des Ostens. Sie beginnt am Kap Lopatka mit der Apalskaja-Ssopka, einem alten, erloschenen Vulkankegel, der auf dem Gipfel, also wohl in der Kratereinsenkung, einen See enthält. Von Ditmar wird derselbe Koschelewa- oder Kambalinaja-Ssopka

genannt. Ditmar zählt auch die die Reihe fortsetzenden erloschenen Vulkane Osernaja-Ssopka, Chodutka, Hoiochongen und den noch thätigen Asatscha-Vulkan auf. Dietrich nennt mit Überspringung dieser erst wieder die seit längerer Zeit erloschene Wiljutschinskaja Ssopka im Südwesten des Peter Pauls-Hafens an der Awatscha-Bai. Auch die Gruppe der der Hauptkette westlich vorgelagerten Vulkankegel findet in Dietrichs Abhandlung keine Erwähnung; dagegen sind hier zwei nördlich der Awatscha-Bucht gelegene Vulkane mit Namen genannt, die Straëleschnaja-Ssopka, bei der man eine Art grünlichen Flusses finde, den die Kamtschadalen zu Pfeilspitzen verwenden, und die Goraëla-Ssopka. Die ununterbrochene Erregung der letzteren artete i. J. 1737 in eine furchtbare Eruption aus, die nach Krascheninnikows Bericht von heftigen Erderschütterungen und Erdbebenfluten begleitet war. Diese beiden Vulkane, die Straëleschnaja-Ssopka und die Goraëla-Ssopka, liegen mit einem dritten, der keinen Namen hat, in einer Linie, die zur Awatscha-Bai senkrecht steht, und überragen einander amphitheaterförmig. Diese Schilderung veranlasst Dietrich zu einem sehr passenden Vergleiche mit dem Ätna. Dieser stellt ja in der That auch einen dreifach zusammengesetzten Vulkan dar, was nach Kayser[24]) eine Folge der Verschiebung der vulkanischen Axe ist. — Der Bericht Ditmars deutet ähnliche Verhältnisse an. Er besagt, dass der Awatscha-Vulkan von einem Ringwalle umgeben sei, wie der Vesuv von der Somma. Es scheinen hienach die Goraëla- und Straëleschnaja-Ssopka unter dem Namen des Awatscha-Vulkans zusammengefasst zu sein und erstere, die Goraëla-Ssopka, den Krater darzustellen, aus welchem sich in der Gegenwart die Eruptionen vollziehen, letztere,

---

[24]) Kayser, Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Stuttgart 1893, 1. Teil. p. 342.

die Straëleschnaja-Sopka, dagegen den Ringwall, der jenen Krater sommaartig umgibt. Den dritten, namenlosen Vulkan Dietrichs bezeichnet Ditmar als Korjaka-Ssopka und betrachtet ihn im Gegensatz zu den Gewährsmännern Dietrichs nicht mehr als zum Awatscha-Vulkan gehörig, der somit in Wirklichkeit nur einen zweifach zusammengesetzten Vulkan darzustellen scheint. Im übrigen weiss sowohl Erman (1828) als auch Ditmar (1855) von einer heftigen Eruption desselben zu berichten.

Der von Dietrich als Tschoupanouskaja Ssopka bezeichnete Vulkan ist entweder der Kichpinytsch oder der Uson Ditmars. Vom Tolbatscha (2377 m hoch) westlich des Kronozkoer Sees wird bei Dietrich eine grössere Eruption berichtet, die im J. 1740, gerade als Steller an diesem Orte ankam, stattfand. Die übrigen den Kronozkoer See umgebenden Vulkane, von Ditmar mit Namen aufgezählt, werden in Dietrichs Abhandlung übergangen. Diese erwähnt erst wieder die weiter nördlich gelegene Kamtschatka-Goraëla-Ssopka,[26]) deren beständige Erregung i. J. 1737 in eine ausserordentlich heftige Eruption ausartete. Auch Ditmar weiss von diesem „grossartigsten Feuerherd der Halbinsel", der Kliutschefskaja Sopka (4880 m hoch), einen heftigen Ausbruch zu berichten, der i. J. 1848 stattfand.

Jenseits des nach Osten umbiegenden und die Berge durchbrechenden Kamtschatka-Flusses folgt der Schiweljutsch (3215 m hoch), der nach einer von Dietrich verzeichneten Sage der Eingebornen vor alten Zeiten an der Stelle des Kronozkoer Sees gestanden, aber in zwei Sprüngen an seinen heutigen Platz gewandert sei. Dietrich deutet die Sage dahin, dass einige Vulkankegel zusammenstürzten, in ihrer Einsenkung sich Seen bildeten und

---

[26]) Goraëla (russ.) = Ssopka (kamdschadalisch) bedeutet einen Vulkan.

an anderer Stelle innerhalb sehr kurzer Zeit infolge heftiger Eruptionen ein neuer Kegel, eben der Schiweljutsch, aufgebaut wurde. Auch nach Ditmars Ansicht hat der Kronozkoer See einen alten, eingestürzten Krater erfüllt.

Als den Abschluss der östlichen Vulkanreihe bezeichnet Dietrich die in der Mitte zwischen den Quellen des Tigil und der Jelofka liegende flachkuppige Krasnaja Ssopka. Ditmar betrachtet sie noch als zum „Kamtschadalischen Mittelgebirge" gehörig.

Endlich findet bei Dietrich das steile Küstengebirge Keitel zwischen den Flüssen Outschiliaguena und Echklin Erwähnung. Es ist damit wohl der Landvorsprung des Kaps Oserniji gemeint. Die hier von Krascheninnikow beobachtete „Steinkohle" hält Dietrich für schwarze Lava; es scheint eine dem Kaiserstuhler „schwarzen Steine" ähnliche Gesteinsart zu sein.

Die zahlreichen heissen Quellen Kamtschatkas brachten schon die Gewährsmänner Dietrichs, Steller und Krascheninnikow, in ursächlichen Zusammenhang mit den Vulkanen. In der Abhandlung Dietrichs wird eine ganze Menge solcher Thermen aufgezählt; manche derselben seien so heiss, dass man Fische und Fleisch darin kochen könne; das Wasser einzelner spritze beim Sieden oft über 1 m hoch empor mit einem solchen Lärm, dass man sein eigenes Wort nicht verstehe. Es scheinen also eine Art Miniaturgeysirs zu sein. Das Wasser der Quellen, schreibt Dietrich, rieche wie faule Eier und schmecke sehr säuerlich; seine Temperatur betrage 20—110 Grad nach dem Thermometer von Delisle.[26]) Es seien hier einige Temperaturmessungen Ditmars genannt. Hienach zeigte das Wasser der Quelle

[26]) Mit diesem Delisle meint Dietrich anscheinend den französischen Astronomen, der eine Reise nach Kamtschatka unternahm und 1741 in der Awatscha-Bai starb. Allein die Thermometerskale rührt her von J. N. Delisle (gest. 1788).

von Paratunka Kliutschi am 19. Septbr. 1851 eine Temperatur von 51⁰ Celsius, am 16. Dezember des nämlichen Jahres eine solche von 49⁰ C bei einer Lufttemperatur von —24⁰; für das Wasser der Quelle von Malka mass Ditmar eine Temperatur von 82,5⁰ C bei einer Luftwärme von +17,5⁰.

Das Gestein, welches bei Dietrich im Zusammenhang mit den heissen Quellen beschrieben ist, stellt wohl nur Inkrustationen oder den Absatz aus dem heissen Wasser dar, wie Sprudelstein, Kalksinter und vielleicht auch Gips.

Nach den Gewährsmännern Dietrichs setzt sich die Vulkankette Kamtschatkas im Norden bis zur Bai von Olutorsk fort; ebenso sei auf der entgegengesetzten Seite, im Süden, eine Fortsetzung derselben in den Kurilen zu erblicken. So stelle gleich die erste dieser Inseln, Alait, eigentlich nur einen hohen, rauchenden Berg dar. Über diesen ist eine ähnliche Sage verbreitet wie über den Schiweljutsch. Nach einer unter den Eingebornen verbreiteten alten Überlieferung stand nämlich der Vulkan der Insel Alait früher an der Stelle des Kurilischen Sees, wurde jedoch von seinem Nachbarn zur Auswanderung in das Meer gezwungen. In jenem See habe er aber einen kegelförmigen Felsen, sein Herz, zurückgelassen. Dietrich schliesst auch aus dieser Sage mit Recht, dass das Becken des Kurilischen Sees ein alter, eingestürzter Krater sei, und dass die Insel Alait sich durch eine Eruption innerhalb kurzer Zeit aus dem Meere erhob. Ditmar erklärt den See Kuriljsk nahe dem Kap Lopatka ebenfalls als einen Kratersee, d. h. als die Wasseranfüllung eines alten zerstörten Kraters.

Die Beschreibung einiger anderer Inseln der Kurilen deutet gleichfalls auf deren vulkanischen Ursprung hin, ebenso die der Berings-Insel und einiger Inseln des „Nördlichen Archipels", der Alëuten. Namentlich werden

auf einigen der zuletzt genannten Inseln deutlich hohe Vulkankegel, wie die noch thätige Horkla-ai-Ssopka auf der Insel Canas, ja eine ganze Reihe von Vulkanen auf der Insel Kootjak — heute Kadjak genannt —, sowie eine grosse Zahl von heissen Quellen nachgewiesen.

Aus dem allen zieht Dietrich den bedeutsamen, sehr richtigen Schluss, dass sich längs der Ostküste Asiens eine Vulkanreihe hinziehe, von Jeso, der nördlichsten Insel Japans, auf die Kurilen und auf Kamtschatka und von da nach Osten auf die Inseln des Nördlichen Archipels in dem „Kanale, welcher Kamtschatka und damit Asien von Amerika trennt", fortsetze.

Sehr interessant gestaltet sich die Zusammenfassung der geologischen Beobachtungen Stellers. Denn daraus lassen sich einerseits die Ansichten dieses Gelehrten über die vulkanischen Erscheinungen und damit im allgemeinen wohl auch die seiner Zeit erkennen, andrerseits ist uns Gelegenheit geboten, Dietrichs eigene Auffassung des Vulkanismus in einzelnen Punkten kennen zu lernen.

Steller beobachtete, dass „alle Berge, welche ehemals gebrannt haben oder noch in der Gegenwart brennen, die nämliche äussere Gestalt haben". Daraus schliesst er, dass auch innerlich alle Vulkane gleich beschaffen seien, ja dass die Kegelform durch die Formation des Materiales im Innern bedingt werde; in diese Anordnung werde das Gestein eben durch den Ausbruch des Feuers im Inneren der Berge gebracht.

Steller meint also, dass die Vulkane nichts anderes sind, als Berge, die schon von Anfang an vorhanden waren und nur in ihrem Gesteine durch den Ausbruch des vulkanischen Feuers in ihren Eingeweiden eine Veränderung erlitten, und zwar in der Weise, dass die Berge in ihrer ganzen Erscheinung eine kegelförmige Gestalt bekamen.

Gegen dieses System, wie es ähnlich auch Werner zur Erklärung der „pseudovulkanischen" Gebilde aufstellte,

wendet Dietrich mit Recht ein, dass die Vulkane erst durch das bei den Eruptionen ausgeworfene und ausströmende Material aufgebaut werden, dass also von einer Umbildung schon vorhandener Berge durch ein in ihrem Inneren entstehendes Feuer nicht die Rede sein könne. Von der Aufschüttungstheorie Dietrichs wird noch eingehend die Rede sein.

Weiter behauptet Steller, dass die Inseln in dem „Kanale zwischen Asien und Amerika" wahrscheinlich nur Stücke losgerissenen Landes und ebenso wie das Ostufer Kamtschatkas zwischen der Awatscha-Bai und dem Kap Lopatka sehr zerlappt seien. All das sei die Folge grosser Revolutionen, welche durch die Gährung und Entzündung der in unterirdischen Höhlen enthaltenen Mineralien veranlasst werden. Dass solche Hohlräume sowie unterirdische Kanäle vorhanden sind, beweisen die vielen Erdbeben. Die Entzündung werde dadurch verursacht, dass Meerwasser durch die unterirdischen Kanäle in jene Hohlräume eindringt und sich mit den Mineralien vermengt. Für eine solche Kommunikation des Meeres mit den Hohlräumen spreche besonders der Umstand, dass die meisten Erdbeben zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche und namentlich im Herbst stattfinden, wenn das Meer am meisten anschwillt, weshalb auch die ersten Tage des März und die letzten Tage des September von den Eingebornen auf Kamtschatka sehr gefürchtet sind.

Hier ist also in grossen Zügen das vulkanologische System Stellers entwickelt. Dasselbe zieht namentlich die Mitwirkung des Meerwassers zur Erzeugung der vulkanischen Kräfte heran. Wie sich Dietrich gerade zu diesem Punkte stellte, werden wir noch des Näheren sehen.

Was die Entstehung von Seen in Vulkangebieten anbelangt, so entwickelt Steller eine Theorie, die mit der oben erwähnten von der Entstehung der Vulkankegel in logischem Zusammenhang steht. Er sagt nämlich: wenn das Innere eines Berges bis auf den Grund ausgebrannt ist, dann er-

lischt das Feuer; alsdann dringt auch das Wasser aus der Tiefe empor und füllt den leeren Raum im Berge aus. Deshalb enthalten alle erloschenen Vulkane auf ihrem Gipfel einen See, während diejenigen, bei denen das nicht der Fall ist, in Zukunft noch in Brand geraten werden. — Nach Steller dürfte man also nur diejenigen Vulkane als erloschen betrachten, welche in der Kratereinsenkung einen See enthalten.

Dieser sonderbaren, auf falschen Voraussetzungen entwickelten Theorie gegenüber weist Dietrich wiederholt darauf hin, dass ein Vulkankegel erst durch die Aufschüttung der vulkanischen Produkte entsteht. Ausserdem bemerkt er sehr richtig, dass es kein sicheres Kennzeichen dafür gibt, ob ein Vulkan wirklich erloschen sei oder nicht.

Dass die Erdbeben, von denen Steller wiederholt spricht, vulkanischer Natur sind, geht aus seinen Beobachtungen hervor, wonach man dieselben in der Umgebung noch brennender Berge viel mehr verspürt als in der Umgebung solcher, die „noch gar nicht brennen oder schon erloschen sind."

Wiederholt berichtet Steller von Walfischknochen, die man auf den Vulkanen und in ihrer Umgebung finde. Die Eingeborenen, erzählt er, glauben, die Vulkane seien von Geistern bewohnt, welche in den heissen Quellen ihre Fische kochen. Dieses Vorkommen von Fischknochen sieht Dietrich als einen Beweis dafür an, dass das Wasser, welches von den Vulkanen ausgespien werde, nichts anderes sei als Meerwasser, das in das Innere derselben eindrang. Auch über diesen Punkt wird noch eingehend gehandelt werden müssen.

Den Donner, welcher nach Steller in Kamtschatka einem unterirdischen Getöse gleicht, und die Blitze, die nach Krascheninnikow einen sehr schwachen Schein haben, betrachtet Dietrich als eine Folge des elektrischen Zustandes der Luft bei den Vulkanausbrüchen. In der That

scheinen dieser Donner und diese Blitze nichts anderes als vulkanische Gewitter zu bedeuten.

Zum Schlusse seiner Abhandlung gibt uns Dietrich im Anschluss an Stellers Beobachtungen eine Beschreibung der wichtigsten, mineralischen Vorkommnisse Kamtschatkas. Dieselbe ist aber zum grossen Teile nicht mehr verständlich. Erwähnt werden unter anderem Kupfer, ein schwarzer eisenhaltiger Sand, welchen Dietrich für Asche, ein Produkt zerstäubter Lava, erklärt; ferner Schwefel, von dessen Vorkommen auch Ditmar berichtet. Der „dunkelgrüne, grosstrümmerige Fluss", aus welchem die Eingebornen ihre Pfeilspitzen machen, ist ohne Zweifel Obsidian, den bekanntlich auch die Indianer Amerikas zu dem gleichen Zwecke verwenden. Der „belemnitenartige Fluss", von den Russen für Topas gehalten, scheint vielleicht Bernstein zu sein, dessen Vorkommen in Lagern bei Ssedanka am Tigil in der That von Ditmar nachgewiesen wurde. Die sogenannte Steinbutter oder Bergmilch, als Camenoi Maslo von den Russen bezeichnet, die fettthonige, weisse Erde mit Rahmgeschmack, welche von den Eingeborenen als Heilmittel gegen gewisse Krankheiten, wie Ruhr, verwendet wird, findet bei Ditmar keine Erwähnung. Dagegen wird das von Steller berichtete Vorkommen von Perlen durch Ditmars Beobachtung bestätigt.

In der Abhandlung über den Kaiserstuhl und in der über die Vulkane Kamtschatkas ist Gelegenheit geboten, die Ansichten von Dietrichs über den Vulkanismus in einzelnen Punkten kennen zu lernen. Wie Dietrich über die vulkanischen Erscheinungen überhaupt dachte, und welche Theorie er auf Grund seiner unermüdlichen Forschungen und gewissenhaften Beobachtungen entwickelte, davon erhält man ein vollständig klares Bild durch seine Übersetzung der Ferber'schen Briefe (Lettres sur la minéralogie et sur divers autres objets de l'histoire naturelle de l'Italie, écrites par Mr. Ferber à Mr. le Chev. de Born, Ouvrage traduit de l'allemand, enrichi de notes et d'observations faites sur les lieux, par Mr. le Baron de Dietrich, Strasbourg 1776).

Johann Jakob Ferber (1743–1790), in Schweden geboren, eine Zeit lang (1786—1788) Bergrat in Berlin, eignete sich durch den Verkehr mit bedeutenden Naturforschern, insbesondere mit dem sächsischen Mineralogen Karl Eugen Pabst von Ohayn, sowie auf Reisen durch den grössten Teil von Europa (Schweden, Deutschland, Ungarn, England, Böhmen, Frankreich, Italien) umfassende mineralogische und geologische Kenntnisse an; er bewahrte stets einen freien Blick und liess sich auf Hypothesen nur dann ein, wenn er sich durch eigene genaue Beobachtung über die fraglichen Verhältnisse Gewissheit verschafft hatte. Aber auch in diesem Falle hütete er sich, aus einem einzelnen Vorkommnis allgemein giltige Schlüsse zu ziehen. Gelangte er auf diese Weise zu keinem abschliessenden Urteil, so z. B. über die Ursachen des Vukanismus, und bewahrte er namentlich in dem Streite der Neptunisten und Vulkanisten strengste

Neutralität, so hat er andrerseits in der richtigen Erkenntnis, dass zu einer endgiltigen Entscheidung noch nicht ein genügendes Material gesammelt war, manche Irrthümer vermieden, wie sie z. B. das Vorurteil Werners zeitigte und hartnäckig festhielt.

Das Resultat seiner Forschungsreisen legte Ferber in zahlreichen Schriften nieder. Unter diesen nimmt namentlich die in Briefform gefasste Beschreibung seiner Italienreise[27]) eine würdige Stelle unter den geologischen Landesbeschreibungen des 18. Jahrhunderts ein. Diese Briefe bieten für uns insoferne ein besonderes Interesse, als darin die alten und rezenten Vulkangebiete Italiens sowie die vulkanischen Produkte einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden. Dietrich selbst nimmt Veranlassung, das Verdienst Ferbers als desjenigen, der zuerst eine genaue Abhandlung über die Vulkane in der Umgebung Roms veröffentlichte, entsprechend zu würdigen.

Dietrich war schon vor Ferber in Italien. Dem Studium der dortigen Vulkane verdankte er die Entdeckung

---

[27]) „Herrn Joh. Jak. Ferber's Briefe aus Wälschland über natürliche Merkwürdigkeiten dieses Landes an den Herausgeber derselben Ignaz Edlen von Born." Prag 1773. — Aus diesem Werke verdient eine Stelle, die den Standpunkt Ferbers scharf charakterisiert, wörtlich angeführt zu werden (p. 63): „Wir sind gar zu geneigt, aus Beobachtungen in einzelnen Ländern allgemeine Sätze zu machen, und uns zu schmeicheln, alle Kräfte der Natur erschöpft zu haben, wenn wir nur ihre Wirkungen nach einer einzigen Methode, und deren Ursachen in demselben Falle richtig erforscht haben, gleichsam als wollten wir nicht einmal vermuten, die Natur könne einerlei Zweck durch mehrere verschiedene Mittel ausführen. Oft habe ich auch hier in Wälschland Proben davon, wo man nach dem Vergeltungsrecht gegen unsere ultramontanischen Mineralogen, die vielleicht zu viel der flüssigen Entstehung zuschreiben, alles vulkanisch erklären will, was man von andern Ländern, wo doch wenige oder keine Vulkane sind, liest und hört. Glücklich! wer die Mittelstrasse gehet, sich in keine Hypothesen einlässt, nicht zu früh glaubt, aber auch alsdann glaubt, wenn er sieht und was er sieht, sollte es auch seinen vorigen Begriffen widerstreiten."

des vulkanischen Ursprunges des Kaiserstuhlgebirges. Nach dem Besuche Italiens bereiste Dietrich noch Frankreich, England, Holland und Deutschland. Nach seiner Rückkehr i. J. 1772 war er eben mit der zur Veröffentlichung bestimmten Zusammenstellung seiner Beobachtungen beschäftigt, als ihm von Born die Briefe Ferbers zusandte. Er erkannte sofort die Vorzüglichkeit der Ferberschen Berichte und übertrug sie ins Französische. Seine eigenen besonderen Beobachtungen und seine Anschauungen legte er in zahlreichen Anmerkungen nieder, die er dieser Uebersetzung anfügte. Diese Anmerkungen geben das Mittel an die Hand, die Bedeutung Dietrichs in der Geschichte der Vulkanologie in ihrem vollen Umfange zu würdigen. Denn Dietrich gibt uns durch sie nicht nur seinen eigenen Standpunkt zu erkennen, sondern nimmt auch häufig Veranlassung, diesen Standpunkt in Beziehung zu dem seiner Zeitgenossen zu setzen. Es seien nur einige derselben genannt, wie Hamilton, Nollet, della Torre, Raspe, von Born, Guettard, Desmarest, de la Condamine, Namen, welche in der Geschichte der Geologie einen guten Klang haben. Dazu sei auch noch erwähnt, dass das Dietrich'sche Werk von zwei berühmten Mitgliedern der Akademie der Wissenschaften zu Paris, mit deren Privileg es erschien, begutachtet wurde, nämlich von Lavoisier und Desmarest.

Es ist einleuchtend, dass solche Vulkangebiete, wie sie sich in Italien und auf dessen Inseln finden, zum Studium anregen. Der Anblick der zahlreichen erloschenen Vulkane, noch mehr aber der schauerlich schöne Anblick der noch thätigen Feuerberge ruft das besondere Interesse des Forschers wach und erfüllt ihn mit dem Verlangen, in die Geheimnisse dieser grossartigen Naturerscheinung einzudringen. Italiens Vulkane spielen denn auch eine wichtige Rolle in der Geschichte der Vulkanologie: aus dieser Quelle der Natur wurde zum nicht geringen Teile die richtige Erkenntnis der vulkanischen Erscheinungen geschöpft.

Die reiche Literatur, welche Dietrich bei der Abfassung seines Werkes zur Verfügung stand, verwertete er glücklich, um das Resultat seiner eigenen Beobachtungen ins rechte Licht zu setzen. Die wichtigsten dieser Quellen, auf die er Bezug nimmt, seien schon an dieser Stelle genannt.

Scipione Falcone, Discorso naturale delle cause dei effeti del Vesuvio, Napoli 1632.

Giovanni Targioni Tozzetti (Arzt in Florenz), Prodromo della Corographia e Topographia Fisica della Toscana, Firenze 1754. — Viaggi per la Toscana. Ediz. I. Tomi VI. — Relazione d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana. Ediz. II. Firenze, Vol. I. und II. 1768, III. 1769, IV. 1770. 8°.

Gaetano Bottis (Abt in Neapel), Ragianomento istorico intorno a' nuovi Vulcani comparsi nella fine del anno 1760. Napoli 1761. 4°. — Ragianomento istor.: del incendio del Vesuvio accaduto nel mese d'Ottobre 1767. Napoli 1768. 4°.

Padre Giammaria della Torre (Professor der Physik in Neapel), Storia e fenomeni del Vesuvio. Napoli 1755. Hievon erschien eine französische Auflage unter dem Titel: Histoires et phénomènes du Vesuve, exposées par le Père de la Torré. Neaples 1771. 8°.

William Hamilton. Von seinen Briefen, in verschiedenen Bänden der Philosophical Transactions zerstreut, erschien 1772 ein kleiner Sonderabdruck in London, eine deutsche Uebersetzung hievon 1773 in Berlin. Ausserdem erschienen die gesammelten Berichte Hamiltons unter dem Titel: Observations on Mount Vesuvius, Mount Etna and other volcanos, London 1774. Von dem Erscheinen des „Hauptwerkes“: Campi Phlegraei or Observations on the Volcanos of the two Siciles, Naples 1776 wurde Dietrich während seiner Übersetzung der Ferber'schen Briefe benachrichtigt.[28])

[28]) Dietrich stand mit Hamilton in persönlichem und brieflichem Verkehr.

Ausser diesen Quellen werden noch zahlreiche andere im Verlaufe der Abhandlung Erwähnung finden. Dem Schlusse seines Werkes fügt Dietrich die Auszüge aus zwei Berichten über den Ausbruch des Monte Nuvvo i. J. 1538 an. Diese Berichte rühren von zwei Augenzeugen der Katastrophe her und wurden von Hamilton entdeckt.

Die Vulkangebiete Italiens lassen sich in fünf Abschnitten betrachten: die erloschenen Vulkane in Norditalien (im Gebiete von Padua, Vicenza, Verona, Toscana), die erloschenen Vulkane in der Umgebung Roms, das Vulkangebiet um Neapel mit Einschluss der dem Golfe von Neapel vorgelagerten Inseln, die Liparischen Inseln und Sicilien.

Dietrich kannte die meisten dieser Vulkangegenden durch eigene Erforschung. Zumeist auf grund der dabei angestellten Beobachtungen entwickelte er sein vulkanologisches System, welches den Gegenstand der nun folgenden Abhandlung bildet.

Die moderne Geologie bezeichnet nach dem Vorgange Poulett-Scrope's[29]) den Vulkanismus als eine Naturerscheinung, welche in dem Empordringen fester, flüssiger und gasiger Massen, besonders aber in dem Empordringen schmelzflüssigen Gesteines, des sogenannten Magmas, aus der Erdrinde besteht. Dietrich bezeichnet den Vulkanismus als „feu souterrain". Dieser Ausdruck, für sich allein betrachtet, gibt freilich nur eine sehr unvollkommene Erklärung und ist vielleicht geeignet, ähnliche abenteuerliche Vorstellungen, wie sie uns in des Jesuiten Athanasius Kircher Darstellung des Erdinneren (Mundus subterranus, 1664) entgegentreten, wachzurufen. Aber sehr allgemein klingt auch die Erklärung Humboldts, der den Vulkanismus als eine Reaktion des Erdinneren gegen die Oberfläche oder nach der von Strabo herrührenden Hypothese die

[29]) Poulett-Scrope, Volcanoes; the Character of their Phenomena. London 1872.

Vulkane als die „Sicherheitsventile der Erdkruste“ bezeichnet. Man muss deshalb einen Schritt weiter gehen und im Sinne Dietrichs das „feu souterrain“ als eine Erscheinung betrachten, die im wesentlichen darin besteht, dass in der Tiefe der Erde bereitetes feuerflüssiges Gesteinsmaterial an die Oberfläche gefördert wird.

Im 18. Jahrhundert gab es immer noch Leute, die an der aus der pythagoreischen Schule und von Platon („Phaedon“) stammenden, durch das ganze Mittelalter fortgeschleppten und von Cartesius („Principia philosophiae“, 1685) wieder aufgefrischten Hypothese eines das ganze Erdinnere erfüllenden Zentralfeuers festhielten. Als das Haupt der Anhänger dieses Systems bezeichnet Dietrich den Physiker de Mairan. Die sämtlichen Vulkane der Erde sollen mit diesem Zentralfeuer kommunizieren und dadurch gespeist werden, dass die Lavaströme, welche unter der festen Erdrinde, also am Sitze des Zentralfeuers, entspringen, sich in die Bassins der Vulkane ergiessen, ähnlich wie die Flüsse ins Meer münden. Wir dürften also im Sinne dieses Systemes nicht an einen wirklichen Feuerstrom („Pyriphlegethon“) im Erdinneren denken, sondern hätten einen feuerflüssigen Erdkern anzunehmen, eine Ansicht, welche bekanntlich zum erstenmale von Empedokles ausgesprochen wurde.

Gegen diese Hypothese, die den Sitz der gemeinsamen Quelle aller Vulkane unter der festen Erdkruste sucht, nimmt Dietrich entschieden Stellung. Er erklärt: Der Vulkanismus ist eine rein lokale Erscheinung. Eine unterirdische Verbindung verschiedener Vulkangebiete, wie zwischen Aetna und Vesuv, ist durch nichts bewiesen.[80] Einen einheitlichen Herd kann man höchstens für ein und dasselbe kleinere Vulkangebiet wie etwa dasjenige um Neapel

[80]) Ähnlich äusserte sich auch d'Arthenay, ein Zeitgenosse Dietrichs, Mémoires étrangers de l'académie des sciences. Tom. IV. p. 271.

annehmen. Wenn mehrere Vulkane zu gleicher Zeit in Thätigkeit geraten, so ist das lediglich ein Zufall und bedeutet nur, dass „die nämlichen physikalischen Ursachen die Gährung in ihren Eingeweiden verursacht haben". Als den Sitz des entzündungsfähigen Materials hat man für jeden Vulkan enorme Hohlräume in grösserer Tiefe zu betrachten. Jeder Vulkan wird von einem solchen Bassin aus gespeist.

Eine Verbindung dieser Bassins mit einem Zentralfeuer oder eine gemeinsame Nahrungszufuhr durch die unter der festen Erdkruste entspringenden Lavaströme anzunehmen, ist also eine durch keinerlei Thatsachen bestätigte Vermutung. Andererseits darf man aber den Herd eines Vulkans auch nicht im Berge selbst suchen, wie es z. B. della Torre bezüglich des Vesuvs thut. Denn danach müsste man einen vulkanischen Berg nicht als ein Erzeugnis der vulkanischen Kräfte betrachten, sondern als etwas schon vor dem Beginn jener Kraftäusserung Gegebenes und durch dieselbe nur in der äusseren Gestalt Verändertes.

Eine ähnliche Ansicht haben wir schon in der Abhandlung über Kamtschatka kennen gelernt. Hier sprach sie Steller aus. Wir dürfen wohl vermuten, dass diese Hypothese, auf die zurückzukommen sich noch einmal Gelegenheit bieten wird, im 18. Jahrhundert sehr verbreitet war.

Als einen Beweis gegen diese Hypothese sieht Dietrich den Umstand an, dass die häufig mit den Vulkanausbrüchen verknüpften Erdbeben noch in grösseren Entfernungen verspürt werden. Bei der Vesuveruption i. J. 79 n. Chr. z. B. machte sich die Erderschütterung noch in Missene (Miseno) in solcher Stärke fühlbar, dass die Leute aus ihren Häusern flohen; i. J. 1760 nahm man die Erzitterung des Bodens nach dem Zeugnisse des Abtes Bottis 16 Meilen vom Vesuv entfernt wahr, obwohl die Eruption gar keine besonders heftige war; i. J. 1767 aber trat, wie Hamilton berichtet, das Erdbeben noch in Neapel in solcher Stärke auf, dass sich auch fest verschlossene Thüren

und Fenster von selbst öffneten. Das beweist doch, dass der Vulkanismus seinen Sitz nicht im Berge, sondern tief unter demselben hat. Ähnlich dachte ja schon Seneca, der mit Bezug auf den Ätna sagt: „Non ipse ex se est, sed in aliqua inferna valle conceptus exaestuat, et alibi pascitur, in ipso monte non alimentum habet sed viam" (Quaestiones naturales, 79. Brief).

Also weder in einem Zentralfeuer oder in einem feurigflüssigen Erdkerne noch in den Bergen der Erdoberfläche, sondern tief in der festen Erde, in grossen Hohlräumen, ist die Quelle der Vulkane zu suchen. Ein Vulkanberg ist das Ergebnis einer Wirkung, die einer lokalen Ursache entspringt. Jeder Vulkan hat sein eigenes Bassin, aus welchem er seine Nahrung bezieht. Dies ist die Quintessenz des Dietrich'schen Systems.

Wie vollzieht sich nun ein Eruptionsakt? Wie leitet er sich ein, und welche Anzeichen des Eintrittes gibt es?

Erfahrungsgemäss, sagt Dietrich, sind Vulkanentzündungen im Frühjahr und im Herbst häufiger als in den anderen Jahreszeiten; auch treten Eruptionen gerne nach grossen Frösten ein. Eine Erklärung hiefür ist darin zu finden, dass das während des Winters konzentrierte Feuer bei Eintritt der wärmeren Jahreszeit sich ausdehnt und einen Ausweg sucht. Dass der Herbst die Eruptionen begünstigen kann, hat wohl seinen Grund darin, dass der in dieser Jahreszeit meist reichliche Regen die „Gährung", die Ursache eines Ausbruches, hervorruft.

Ein Vulkanausbruch, so entwickelt Dietrich auf Grund der von ihm selbst und von Zeitgenossen angestellten Beobachtungen seine Vulkantheorie weiter, kündigt sich gewöhnlich an durch Getöse und Erzittern des Berges, durch Erhöhung des Kraterbodens und Entstehung kleiner Hügel auf demselben, durch die Menge von Schwefel und Säuren, die dem Gipfel des Kraters entsteigen, endlich durch

den Rauch, der mit Ungestüm hervorbricht und schwärzer als gewöhnlich ist.

Das unterirdische Getöse und die Erdbeben, eine fast regelmässige Begleiterscheinung der vulkanischen Ausbrüche, sind dem mächtigen Bestreben des entzündeten Materiales, sich einen Ausweg zu bahnen, zuzuschreiben. Findet es einen grösseren Widerstand, indem der natürliche Kanal, der Vulkanschlot, verstopft ist, dann gestaltet sich die Eruption desto heftiger und gefährlicher.

Die Bildung von Hügeln auf dem Kraterboden wurde namentlich von della Torre, Bottis und Hamilton am Vesuv beobachtet.

Der Schwefel und die Säuren, die dem Kraterrande anhaften, sind das Sublimationsprodukt der Gase und Dämpfe, welche dem Vulkane vor einem Ausbruche in stärkerem Masse entströmen.

Bezüglich der Raucherscheinung behauptet Hamilton, dass sie bei schlechtem Wetter darum intensiver sei als bei schönem Wetter, weil bei letzterem der stärkere Luftdruck den Rauch am Empordringen hindert. Richtiger ist jedoch, anzunehmen, dass der Rauch bei regnerischem Wetter deswegen intensiver erscheint, weil die Dämpfe der Luft sich zu Wolken kondensiert haben, der Rauch sich also in der dadurch gereinigten Luft deutlicher abhebt als bei schönem Wetter, wo er sich mit den allenthalben in der Luft verbreiteten Dämpfen vermengt und deshalb in der Deutlichkeit nicht so sehr zur Geltung kommt. Übrigens ist der Regen an und für sich die Ursache einer stärkeren „Gährung“, und erst dadurch wird eine stärkere Rauchentwicklung über dem Vulkangipfel veranlasst.

Hamilton gesteht also dem Luftdruck einen Einfluss auf die vulkanische Thätigkeit insoferne zu, als bei geringem Luftdruck, bei einem barometrischen Minimum, diese Thätigkeit eine lebhaftere ist. Dietrich verneint eine solche Einwirkung des Luftdruckes. Er findet vielmehr durch einen

stärkeren Regen einen stärkeren Gährungsprozess und durch diesen wieder eine intensivere Ausströmung des Rauches verursacht.

Endlich kommt die Bombe zum Platzen. Der Rauch steigt senkrecht in die Höhe, dehnt sich oben wie die Äste einer Pinie aus, verbreitet weithin nächtliches Dunkel und spiegelt, wie die schwarze Sturmwolke die Strahlen der untergehenden Sonne, die feurige Glut des Kraterbodens wieder.

So lautet fast wörtlich die frische Schilderung Dietrichs, die sich zum Teil an die Beschreibung des jüngeren Plinius anlehnt.

Die Asche, die in der Rauchsäule in die Höhe getrieben wird, ist nach Ferber verbrannte Lava, also wohl der Rest verbrennbarer Substanzen. Dietrich erklärt sie als ein Zerreibungsprodukt von Lava und Schlacken. Diese Asche, erklärt Dietrich weiter, wird bis in kolossale Höhe emporgeschleudert. Sie ist ein sehr leichtes Material, vermag sich deshalb lange in der Luft zu halten und wird vom Winde in ferne Gegenden getragen. So soll i. J. 79 nach dem Berichte des Dio Cassius die Vesuvasche bis nach Afrika, Syrien und Ägypten gelangt sein und noch über Rom das Sonnenlicht verfinstert haben. In den Jahren 472 und 473 flog sie bis nach Konstantinopel (Hamilton, 2. Brf.), 1139 bedeckte sie nach dem Zeugnisse des Falco Beneventano (berichtet durch Sorrentino) ganz Apulien und erreichte Calabrien; 1631 wurde sie nach dem Berichte Braccinis[81]) nach Cattaro, Ragusa, nach Sardinien und nach Konstantinopel getragen; die Rauchsäule soll dabei eine Höhe von 30 Meilen erreicht haben. Nach dem Berichte eines anderen Werkes (Discorso sopra l'origine de fuochi gettati dal monte Vesuvio, da Gio. Francesco Sorrato Spinola Galatoa. Lecce.) fiel am 16. Dezember 1631 in Lecce,

[81]) Vom Abt Giulio Cesare Braccini stammt eine Beschreibung der Vesuveruption des Jahres 1631.

9 Tagereisen vom Vesuv entfernt, eine drei Faust dicke Aschenschicht. Nach della Torre sah man i. J. 1760 noch in einer Entfernung von 58 Meilen Asche. Hamilton beobachtete i. J. 1767 selbst, wie die schwarze Rauchwolke des Vesuv über die Insel Capri, 28 Meilen vom Vesuv entfernt, hinwegging.

Dietrich führt alle diese Beispiele an, um zu zeigen, dass die Asche jedenfalls mit einer enormen Wucht aus dem Vulkanschlunde geschleudert wird. Welche Kraft bringt das zuwege?

Dietrich zieht zum Vergleiche ein Experiment heran. Wenn ein Wassertropfen, sagt er, auf eine Kohlenglut fällt, so verbreitet sich die Asche infolge der Ausdehnung des dadurch erzeugten Dampfes im ganzen Zimmerraum. Im Vulkanschlot wird nun schon die Luft infolge der Hitze sehr verdünnt, es entsteht ein von unten nach oben gerichteter Luftstrom; dazu tritt an Stelle jenes Wassertropfens, der in einen Feuerraum fällt, ein beträchtliches Volumen Wasser, welches in Dampf verwandelt wird. Diesen Dämpfen wohnt ein mächtiges Ausdehnungsbestreben inne, und man darf sich deshalb nicht darüber wundern, dass mit der leichten Asche auch grosse Gesteinsmassen bis zu namhafter Höhe emporgerissen werden. So wurden am 31. März 1767 nach dem Zeugnisse Hamiltons 20 Ztr. schwere Steine 200 Fuss, nach dem Zeugnisse della Torres 9 Ztr. schwere Massen 1200 Fuss hoch über den Vulkanschlund emporgeschleudert. Abt Bottis berechnete 1760 nach der Zeit, welche vom Auswurf bis zum Niederfallen der Steine verstrich, eine Höhe von 1000 Fuss. Diese letztere Methode jedoch, erwähnt Dietrich ausdrücklich, ist eine sehr unsichere, weil die durch den Dampf getragenen festen Massen beim Niederfallen in dem aufwärtsstrebenden Luftstrom einen Widerstand finden.

Durch Erhitzung der Luft erzeugte Luftströme und hochgespannte Wasserdämpfe wirken also nach der scharf-

sinnigen Auffassung Dietrichs, der ein ähnlich zutreffendes Experiment wie das Leidenfrost'sche als ein Analogon heranzieht, zusammen, um jene explosionsartige Wirkung hervorzurufen, infolge deren nicht nur die Asche, ein sehr leichtes Zerreibungsprodukt, sondern auch schwere Gesteinsmassen mit enormer Wucht aus dem Krater geschleudert werden.

Der Schaden, den die vulkanische Asche anrichtet, ist, wie es auch Dietrich schildert, meist ein grosser. Sie vermag nicht nur Häuser, ja ganze Ortschaften zu verschütten, sie versengt auch oft die ganze Vegatation. I. J.. 1760 wurde durch sie, wie Bottis und della Torre berichten, sogar die Luft mit Krankheitsstoffen geschwängert. Andrerseits aber ist die Ursache dieser Schäden, der Vulkanismus, auch die Quelle grosser Fruchtbarkeit, wie sie z. B. die Umgegend Neapels aufweist. Nach der Ansicht Brydones (Voyage en Sicile, 1773.) rührt diese Fruchtbarkeit in der Umgebung der Vulkane von dem hier reichlich vorhandenen elektrischen Fluidum her. Dieses rege nicht nur eine lebhaftere Zirkulation unseres Blutes, sondern auch eine solche der Pflanzensäfte an.

Diese letztere Idee, wie sie bekanntlich auch Giraud Soulavie[32]) vertrat, erklärt Dietrich als eine nur auf Vermutungen beruhende Hypothese.

Welche Erklärung finden nun die Blitze, der Donner und die Regengüsse, kurz die vulkanischen Gewitter, die eine Eruption gewöhnlich begleiten?

Dietrich sagt: Das Vulkanfeuer hat scheinbar eine Verwandtschaft mit dem elektrischen Feuer. Die Blitze, die bei fast allen bedeutenden Eruptionen des Vesuv, so i. J. 79 von Plinius, 1631 von Braccini, 1760 von Bottis, 1767 von Hamilton beobachtet wurden, sind nichts anderes als entzündete Dämpfe; der Donner aber ist eine

---

[32]) Giraud Soulavie, Histoire naturelle de la France méridionale, Nimes 1780—1784.

Folge der Explosion, welche durch die plötzliche Entbindung der in den Dämpfen eingeschlossenen Luft verursacht wird. Die Ansicht della Torres, dass die Blitze nur einen plötzlich unterbrochenen Feuerschein darstellen, wird durch die von Augenzeugen beobachtete Thatsache, dass man in der näheren Umgebung des Vulkans auch jene donnerartige Explosion vernimmt, widerlegt. Brydone, welcher seine Beobachtungen am Ätna machte, vertritt die Anschauung, dass die Dampfsäule stark elektrisch geladen ist und mit einer durch Reibung erhitzten Kugel oder mit einem eben solchen Cylinder verglichen werden kann; denn auch bei diesem Experimente werden spontane Feuerfunken wahrgenommen, lediglich eine Folge der Reibung. Zu diesem Experiment Brydones fügt Dietrich folgende drei Beobachtungen zur Erklärung der vulkanischen Gewitter hinzu:

1. Wenn man zwei Brocken verglaster Lava aneinander reibt, so geben sie Feuer und einen starken Schwefelgeruch von sich. (Ein solcher Versuch wurde von Dietrich selbst mit Erfolg gemacht.)

2. Wie zahlreiche Proben, z. B. die von Nollet, von della Torre, von Brydone und vom Mönch Recupero angestellten, ergaben, übt die Lava einen Einfluss auf die Magnetnadel aus. Das ist eine Folge des Eisengehaltes der Lava, den die Untersuchungen Nollets[33]), sowie die Analyse Cadets[34]) nachgewiesen haben. Della Torre schreibt jenen Einfluss der Vitriolsäure zu, welche der glühenden Lava entströmt.

3. D'Arthenay[35]) beobachtete, dass ein Papier, welches drei Stunden lang am Fusse eines über einem neuen Schlunde aufgebauten Hügels gelegen war, leuchtend wurde.

Dietrich erblickt also in den Vulkangewittern eine

---

[33]) Mém. de l'acad. des sciences, 1750. p. 88.

[34]) L'histoire de l'acad. des sciences, 1761 und Nova Acta Academiae Naturae Curiosorum. Vol. III.

[35]) Mémoires étrangers de l'acad. des sciences, T. IV. p. 261.

elektrische Erscheinung. Dieselbe wird nach seiner Ansicht nicht nur durch Reibungsprozesse in der Dampfsäule über dem Vulkanschlunde veranlasst, sondern er glaubt auch der Lava einen Anteil an der Erzeugung der Elektrizität zugestehen zu müssen: das glühend flüssige Material enthält Schwefel, Eisen und vielleicht auch Vitriol; ein Teil davon entweicht in Gasen und versetzt dadurch die Luft der Umgebung gewissermassen in einen elektrischen Zustand.

Die wolkenbruchartigen Regengüsse, welche das Vulkangewitter meist vervollständigen, sind Dietrich wohlbekannt, nicht nur durch Beispiele des Vesuv, Monte Nuovo und Ätna, sondern auch durch solche mehrerer amerikanischer Vulkane. Er erblickt in ihnen jedoch keine eigentlichen Gewitterregen, d. h. das Kondensationsprodukt von Dämpfen, sondern erklärt die Wassermassen für Meerwasser, das so, wie es ist, d. h. in flüssiger Form aus dem Vulkanschlunde ausgespieen wird.

Wir werden auf diese Hypothese noch einmal zurückkommen. Vorläufig sollen die vulkanischen Vorgänge im Sinne Dietrichs einer Betrachtung unterzogen werden.

Zugleich mit den Wassermassen, d. h. mit diesen vermengt, erklärt Dietrich, wird oft Asche aus dem Krater ausgespieen. Aus diesem schlammig-flüssigen Gemenge bilde sich durch Verhärtung der Tuff. Dieses vulkanische Produkt entstehe ja zweifellos dadurch, dass die Asche mit Wasser imprägniert wird und mit der Länge der Zeit Gesteinshärte annimmt. Zumeist jedoch sei der Tuff das Produkt der schlammig-flüssigen Asche, welche bei heftigen Eruptionen mit dem Wasser herausgeschleudert werde. Dieses innige Gemenge von Asche und kochendem Wasser werde schon nach kurzer Zeit steinhart, wie es z. B. Falcone[86]) i. J. 1631 beobachtete.

---

[86]) Falcone, Discorso naturale delle cause ed efetti del Vesuvio, Napoli 1632.

Derartige Schlammströme brachen 1538 aus dem Monte Nuovo, 1631 aus dem Vesuv hervor, aus letzterem nach einer Andeutung des Sigonius[87]) wahrscheinlich auch 512. Ein Schlammstrom, sagt Dietrich weiter, war es auch, der i. J. 79 n. Chr. Herculanum vernichtete. Denn der Tuff, der über diesem Orte lagert, rührt ohne Zweifel von einer Asche her, die sich in jenem schlammig-flüssigen Zustande befand. Das beweist eine Beobachtung Hamiltons, der bei den Ausgrabungen von Herculanum zugegen war. Es wurde nämlich im Tuff eine alte Statue gefunden. Der Abdruck, den der Kopf derselben hinterliess, war so deutlich, dass er bequem als Modell hätte dienen können. Das ist aber nur möglich, wenn sich die Masse, als sie den Kopf einhüllte, in einem zähflüssigen, teigartigen Zustande befand.

Von verschiedenen Zeitgenossen Dietrichs, namentlich von della Torre, wurde in Bezug auf Herculanum, d. h. in Bezug auf den Zustand der Asche, welche diesen unglücklichen Ort zerstörte, eine Hypothese vertreten, welche von der soeben entwickelten Ansicht Dietrichs erheblich abwich. Della Torre machte nämlich die Beobachtung, dass im Inneren der Häuser von Herculanum, welche von der Asche nur bedeckt, nicht aber angefüllt worden waren, alles verkohlt war. Das konnte nach seiner Ansicht nicht geschehen, wenn die Asche mit Wasser vermengt war. Man müsse deshalb annehmen, dass die Asche in Form brennender Ströme über Herculanum geflossen ist; der flüssige Zustand derselben rührte von einem in der Asche aufgelösten Bitumen her.[88])

---

[87]) Die Worte des Sigonius lauten: „In Campania vero quasi pulverei amnes fluebant, et arena impetu fervente, more fluminis, decurrebat.“ K. v. Fritsch, Allgemeine Geologie, Stuttgart 1888, p. 384 erblickt in diesem letzteren Vorkommnis eine Lawine älterer Vulkanaschen, die am Abhange des Vesuv niederging.

[88]) In neuerer Zeit wurden auch Lavaströme beobachtet, die sich als „Aschenströme“ bewegten. Die Ursache derselben ist noch nicht

Dieser Hypothese gegenüber hält Dietrich seine Ansicht entschieden aufrecht und gesteht zur Erklärung der Beobachtung della Torres nur zu, dass neben dem schlammig-flüssigen Aschenstrome, der in die Häuser hineinfloss, brennende Asche in Gestalt kleiner Kohlen von oben herabfiel. Einen derartigen „Kohlenregen" habe Hamilton i. J. 1767 thatsächlich beobachtet.

Diese „Kohlen" Dietrichs sind natürlich nichts anderes als Lapilli und Schlacken, die in der That häufig noch glühend niederfallen.

Was Pompeji anbelangt, so wurde dieser Ort nach Dietrichs Beobachtung von einem gröberen Gemenge lockerer Auswürflinge, wie Aschen, Lapilli, Schlacken verschüttet, die nachher nicht zu einer dichteren Masse verbacken wurden. Die neuere Ansicht geht jedoch dahin, dass zuerst ein Lapilliregen die Stadt überschüttete, und dass dann eine Asche, die sich wahrscheinlich in schlammartigem Zustande befand, das Zerstörungswerk vollendete.

Dass in dem Tuff häufig Fremdkörper, wie Früchte, Knochen, alte Eisenstücke gefunden werden, sagt Dietrich, erscheint als etwas sehr Natürliches. Derartige Gegenstände werden eben von der Asche eingehüllt und dann auch in den Tuff eingebacken. Die Meermuscheln oder Meerschnecken, die sich namentlich in den Vesuvtuffen häufig finden, dürfe man für keine Versteinerungen halten, da sie nicht wie sonst in der Erde in Lagern angetroffen werden. Sie seien vielmehr zugleich mit dem Wasser vom Vesuv ausgeworfen worden. Wenn man daher solche Muscheln im Tuff finde, so sei das ein Beweis, dass der Tuff von einer Asche herrührt, die mit Wasser vermengt war, sich also in einem schlammigen Zustande befand, und dass das Wasser, welches dieser Asche beigemengt war, vom Meere stammte.

---

aufgeklärt (K. v. Fritsch, Allgem. Geologie, p 384). Vielleicht dachte auch della Torre an einen solchen Aschenstrom.

Auf dieser Hypothese baut, wie wir noch sehen werden, Dietrich eine andere auf.

Es erübrigt nun noch, den gewöhnlichen Schlussakt einer Eruption, das Ausströmen der Lava, im Sinne Dietrichs zu betrachten. Dass dieser Schlussakt hie und da auch unterbleiben kann, das weiss Dietrich aus Beispielen des Stromboli und mehrerer von de la Condamine[39]) erforschter amerikanischer Vulkane.

Gegenüber der Gewohnheit seiner Zeit, alle vulkanischen Produkte ohne Unterschied als Lava zu bezeichnen, beschränkt Dietrich in Übereinstimmung mit Fougeroux de Bondaroy[40]) und Ferber den Begriff „Lava“ auf das Gesteinsmaterial, welches in feurig-zähflüssiger Form aus dem Vulkan hervordringt.

Die Lava entströmt, erklärt Dietrich, dem Vulkankegel an irgend einer Stelle; es geschieht gewöhnlich am Gipfel, kann aber auch an den Flanken, ja sogar am Fusse stattfinden, sobald eben hier nicht mehr die genügende Widerstandsfähigkeit vorhanden ist. So entstanden nach dem Berichte della Torres i. J. 1760 fünfzehn neue Schlünde am Vesuv, und zwar nahe dem Fusse desselben, nur zwei Meilen von der Chaussee von Torre dell' Anunziata entfernt; über diesen Schlünden wurden ebenso viele kleine Hügel aufgebaut. Eine derartige Wirkung, sagt Dietrich, kann nur eintreten, wenn entweder eine übermächtige Menge Materiales im Berge empordringt, oder wenn die Spannung eine so starke ist, dass die Lava nicht bis zum Gipfel gelangt, sondern sich schon vorher mit Gewalt einen Ausweg bahnt. Als Regel dürfe man jedoch im allgemeinen annehmen, dass der Austritt der Lava ebenso wie der der übrigen vulkanischen Stoffe sich am Gipfel vollzieht: hieher führt der eigentliche Kanal, hier öffnet sich der Vulkanschlot. In diesem „offenen Kanale“ kommen

---

[39]) Mémoires de l'académie des sciences, 755. p. 1775.

[40]) Mém. de l'acad. des sciences, 1765 und 1766.

nur zwei Faktoren als Hindernis des Emportriebes in Betracht, das Gesetz der Schwere und das Gewicht der Atmosphäre. Erfolgt die Eruption auf einem anderen Wege als durch den „offenen Kanal", so muss zuerst die sehr beträchtliche darüber lastende Decke beseitigt werden. Von der enormen Wucht, mit der dies natürlicherweise geschieht, rühren der unterirdische Donner und die Erdbeben her, die der Eruption meist vorausgehen.

Welche Kräfte nötig sind, um den Emporhub des feuerflüssigen Materials, der Lava, zu leisten, das vermögen nach Dietrichs Ansicht mehrere Experimente darzustellen, so die Wirkung des papinianischen Topfes, einer kleinen Menge Schiesspulvers, das in einer Mine entzündet wird, namentlich aber die Wirkung, die ein Wassertropfen hervorruft, wenn er auf schmelzflüssiges Metall fällt. Bei diesen Experimenten spielen Wasser und Luft eine Hauptrolle; ihre Wirkung wird durch hochgespannte Gase und Dämpfe erzielt. Nun aber, erklärt Dietrich, befindet sich in dem in Entzündung geratenen Bassin der Vulkane ein immenses Volumen Wasser und daraus erzeugter Dämpfe. Wenn „das Wasser oder irgend ein anderer kalter Körper die verdünnten Gase und Dämpfe plötzlich verdichtet, dann entsteht ein Hohlraum, und das Gewicht der Atmosphäre drückt das entzündete Material empor, während die in diesem Materiale selbst eingeschlossenen Gase den Auftrieb erleichtern."

Dietrich nimmt also für den Auftrieb der Lava zweierlei Ursachen an, einmal den Gasgehalt der Lava selbst und dann den Druck von Dämpfen, welche in Höhlungen oberhalb der Lava erzeugt werden.

Den Lavastrom beschreibt Dietrich folgendermassen: Die Lava entströmt dem Vulkan an irgend einer Stelle und fliesst in der Richtung, welche ihr der Wind und der Abhang vorschreibt, weiter.

Der Feuerstrom bildet nach Art des Wassers Wellen und bedeckt allmählich das Gelände in einer gewöhnlichen Breite von 25—30 Toisen[41]), in einer Dicke von 1—2 Toisen und in einer Länge von 1—2 Stunden. Doch kommen auch weit bedeutendere Lavaströme vor; so ergoss sich z. B. aus dem Ätna i. J. 1669 ein solcher von 6 Meilen Breite, 6 Toisen Mächtigkeit und 14 Meilen Länge. Der zähe feurig-flüssige Strom vernichtet alles, was ihm in den Weg kommt, bildet gelegentlich Feuerfälle (Kaskaden), füllt Abgründe aus, wird allmählich dichter und hinterlässt schliesslich auf dem ganzen überschwemmten Gelände eine schwärzliche, glasige Masse.

Dass ein solches Naturereignis, dessen verheerenden Wirkungen menschliche Kraft keinen Einhalt zu thun vermag, auf den Menschen einen überwältigenden Eindruck macht und für ihn den Anlass bietet, die Machtäusserung übersinnlicher Wesen in derartigen Phänomenen zu erblicken, haben wir bereits gelegentlich der Beschreibung Kamtschatkas beobachtet. Von Italien und Sicilien weiss Dietrich etwas Ähnliches zu berichten. Die Neapolitaner erblicken im hl. Januarius ihren besonderen Schutzpatron und trugen das Haupt desselben trotz des Widerstrebens des Erzbischofs bei der Vesuveruption des Jahres 1767 in einer Prozession umher, um es dem Vesuv zu zeigen und dadurch dem Wüten desselben Einhalt zu gebieten. Einen ähnlichen Einfluss auf den Ätna trauen die Sicilianer dem Schleier der hl. Agathe zu. Auch manche Schriftsteller können sich dieses Aberglaubens nicht ganz erwehren und schliessen ihre Beschreibungen des Vesuv mit einer Anrufung des hl. Januarius, so z. B. Paragallo[42]). Die Vulkanausbrüche richten natürlich trotz dieses blinden Vertrauens die grössten

---

[41]) 1 Toise (altes französ. Längenmass) = 1,95 Meter.

[42]) Paragallo, Istoria naturale del Monte Vesuvio, Napoli 1705.

Verheerungen an. Das beweist die Geschichte der Vesuveruptionen, die immer grosse Opfer an Menschenleben, an Häusern und bebauten Feldern kosteten, so dass sich Vespasian i. J. 79, Theodorich i. J. 512 veranlasst sahen, den Anwohnern des Vesuv Steuererlass zu gewähren. Anno 1631 kamen 300 Personen, die gerade eine Prozession veranstalteten, um; der Schaden, den die Vesuveruption des J. 1751/52 anrichtete, wird von Meccati[48]) auf 81500 Dukaten geschätzt.

Aber all das vermag den Anwohner des Vesuv nicht seiner naiven Sorglosigkeit zu berauben. Auf den Ruinen der Verwüstung errichtet er sich ein neues Heim, er bebaut auf's neue den Grund, unter dem das Verderben lauert.

Die Ursache, warum ein Lavastrom im Inneren oft sehr lange heiss bleibt, erblickt Dietrich mit Recht darin, dass das glutflüssige Material sich bald, nachdem es dem Berge entströmt ist, unter dem Einfluss der Luft mit einer Kruste überzieht, die das Entweichen der Hitze verhindert. Je dicker diese Kruste, die oft grosse Lasten zu tragen vermag*), ist, desto länger, erklärt Dietrich weiter, bleibt der Lavastrom im Inneren glühend. Da nun die Lava sich am Ende ihres Laufes gewöhnlich staut und hier eine besonders dicke Kruste aufweist, so bewahrt sie ihre innerliche Hitze hier auch länger als nahe der Quelle.

---

[48]) Dietrich nennt hier ein „Journal de Meccati", in welchem die Eruption von 1751 und 1752 beschrieben wird. Meccati beobachtete auch zwei Beispiele der Tragfähigkeit der Lavakruste: 1. Eine Gesteinsmasse in der Grösse eines Hauses bewegte sich auf der Kruste weiter. 2. Ein Kastanienbaum, der kaum von zwei Männern umspannt werden konnte und an seinen Wurzeln abgebrannt war, wurde auf der Kruste des Lavastroms eine halbe Meile weit transportiert, ohne umzustürzen. Dietrich stellt zur Erklärung dieser Vorkommnisse einen Vergleich mit dem auf dem Wasser geflössten Holze an, auf welchem man ja auch grosse Lasten transportieren könne. Die Lasten, fügt er hinzu, werden eben nicht von einem Teile der Lava getragen, sondern vermittelst der Kruste von ihrer Gesamtmasse.

Die oft beträchtlichen und dann stollenartigen Hohlräume in einem alten Lavastrome verdanken ihre Entstehung nach der Ansicht Dietrichs einer blasenförmigen Aufblähung der Lava. Der Strom schliesse nämlich auf seinem Laufe eine beträchtliche Menge Luft unter sich ein; diese stemme sich der Lava entgegen und presse sie blasenförmig empor.

Dietrich meint hier offenbar die sog. „Lavatunnels", die in Wirklichkeit dadurch entstehen, dass die flüssige Lava innerhalb der festen Kruste, von welcher sie sackförmig eingeschlossen wird, wegfliesst und infolge dessen ein leerer gewölbter Raum vorhanden bleibt.

Brechen solche Hohlräume zusammen, fährt Dietrich in seiner Schilderung fort, so bekommt die Lava eine sehr rauhe und unebene, deshalb schwer zu begehende Oberfläche. Manchmal aber gewährt ein erstarrter Lavastrom, wie z. B. de la Condamine[44]) es schildert, den Anblick von „erkalteten und geronnenen metallischen Wogen. Man bekommt davon ein, wenn auch nur annähernd ähnliches Bild, wenn man sich ein Meer zähflüssiger Masse vorstellt, dessen Wogen sich gerade zu legen beginnen."

Dietrich will hier offenbar die beiden Erstarrungsarten der Lava, die Blocklava und die Fladenlava, unterschieden wissen.

Die in der Lava eingeschlossene und erhitzte Luft, bemerkt Dietrich weiter, sucht im Verein mit den ebenfalls durch die Hitze erzeugten Dämpfen zu entweichen. Dadurch entstehen Risse und Spalten. Durch diese entströmt die Hitze in Dämpfen, welche man „Fumarolen" nennt. Finden die in der Lava eingeschlossenen Gase und Dämpfe keinen Ausweg, dann werden sie stinkend; aus ihnen entstehen wahrscheinlich die „Mofetten".

Über das Kapitel der vulkanischen Produkte kön-

---

[44]) Mémoires de l'académie des sciences, 1757.

nen wir uns kurz fassen. Es war schon Gelegenheit, Dietrichs Ansicht über einzelne derselben, wie Asche, Lapilli, Schlacken, Tuff, Lava u. s. w. kennen zu lernen. Im übrigen verweist Dietrich selbst auf einige Abhandlungen von Zeitgenossen, wie die bereits erwähnten von della Torre, von Bottis, von Cadet[24]), von de Fougeroux[29]); ferner auf die Schriften der Akademie der Wissenschaften zu Neapel (pag. 137—143), erkennt jedoch die Bestimmung der verschiedenen vulkanischen Produkte, wie sie von Ferber erfolgte, als die beste an. Es würde hier kein Interesse bieten, über petrographische Details zu handeln, zumal die Mineralogie in jener Zeit noch an dem Hauptfehler krankte, dass keine einheitliche, allgemein giltige Benennung und Unterscheidung der Gesteine durchgeführt war. Erwähnt sei nur, dass Dietrich, so oft sich Gelegenheit bietet, nachdrücklich das Bestreben zeigt, Ordnung und feste Prinzipien namentlich in die Benennung der Gesteine zu bringen, und dass er sich zum Schlusse veranlasst sieht, zu erklären, dass es namentlich in Bezug auf die vulkanischen Produkte für den Mineralogen noch viel zu thun gebe. Von der Stellung Dietrichs zur Basaltfrage wird noch ausführlich die Rede sein.

Die Art und Weise, wie eine Eruption vor sich geht, ist bereits eingehend im Sinne Dietrichs geschildert worden. Wie aber entsteht nun an einer solchen Stelle der vulkanischen Kraftäusserung ein Berg?

Es ist das eine Frage, über die man sich zu Dietrichs Zeit noch nicht einig war. Der Ansicht Stellers, wonach ein Vulkan seine kegelförmige Gestalt dadurch erhält, dass in einem schon vorhandenen Berge eine vulkanische Entzündung verursacht und dabei dem Gesteine eine bestimmte, von der ursprünglichen Anordnung abweichende Formation gegeben wird, ist schon wiederholt gedacht worden. Ein ähnliches System hatte della Torre, wie ebenfalls bereits erwähnt. Danach besteht der Vesuv schon

seit der Schöpfung; die vulkanische Thätigkeit trat erst später in Kraft; der Herd derselben ist nahe dem Gipfel zu suchen. Della Torre stützte dieses System auf eine Beobachtung am Vesuv. Er behauptete, im Krater desselben, wohl nahe dem Gipfel, und zwar im Inneren, ebenso regelmässige Gesteinsschichten gesehen zu haben, als sie sonst von Gebirgen aufgewiesen werden: sie seien eben bis jetzt noch von der zerstörenden Wirkung des vulkanischen Feuers verschont geblieben.

Dietrich weist diese Hypothese entschieden zurück. Wenn della Torre überhaupt etwas sehen konnte, sagt er, so waren es vulkanische Produkte wie Lava, Schlacken und Asche, die ebenso regelmässig geschichtet sein können wie andere Gesteine. Ein Beispiel hiefür liefere der Astroni, ein erloschener Vulkan bei Neapel, und der Monte Nuovo. Dagegen sei dem Systeme Ferbers, d' Arthenays[45]) u. a. zuzustimmen: an Stelle des Vesuv war ursprünglich eine Ebene vorhanden; aus dieser Ebene erhob sich durch die Wirkung des unterirdischen Feuers der Vesuv ebenso wie auch alle anderen Berge und Hügel in der Umgebung von Neapel.

Doch wie wird eigentlich ein solcher Vulkankegel aufgebaut?

Dietrich vergleicht die Art und Weise, wie dies geschieht, mit dem Vorgange in der Sanduhr. Das bei einer Eruption ausgeschleuderte Material häuft sich beim Niederfallen kegelförmig an; die Lava, die dem Schlunde entströmt, legt sich beim Erkalten ringsum an. Das wiederholt sich bei jedem Ausbruch, und zwar scheint jede Lavaschicht eine neue Periode lebhafterer Thätigkeit anzudeuten. Auf diese Weise wird ein Vulkan kegelförmig und schichtenweise aus den Auswurfs- und Ausflussprodukten aufgebaut. Eine solche regelmässige Aufschichtung ist z. B. am Monte Nuovo[46])

---

[45]) Mémoires étrangers de l'acad, Tom. IV p. 247.

[46]) Dietrich stieg selbst auf den Kraterboden dieses Vulkans hinab

zu beobachten. Man sieht hier Erde, Asche, gröbere Auswürflinge und Lava in lagenweiser Aufeinanderfolge.

Jede neue Eruption trägt, so entwickelt Dietrich sein System weiter, auf diese Weise zur Erhöhung des Berges bei. Freilich bedarf es eines langen Zeitraumes und vielfach wiederholter Aufschüttung, um z. B. einen Vesuv und einen Ätna aufzubauen; denn ähnlich effektvolle Ausbrüche, wie derjenige, welcher den Monte Nuovo innerhalb zweimal 24 Stunden entstehen liess, ereignen sich selten. Ausserdem vollzieht sich später die Zunahme an Höhe deswegen sehr langsam, weil mit jeder Eruption zugleich auch der Umfang zunimmt.

Das Alter höherer Vulkane, folgert Dietrich, ist daher sehr hoch anzuschlagen. Eine einigermassen annähernde Beurteilung desselben könnten vielleicht die Lavaschichten, die ja immer eine neue Eruption anzudeuten scheinen, gestatten. Doch müsste man natürlich stets die unterste Lavaschicht kennen, um, wenn auch nur annähernd, eine Berechnung über das Alter des Vulkans anstellen zu können. Mit Hilfe dieser Methode glaubt z. B. der Priester Recupero[47]) das Alter des Ätna auf etwa 14000 Jahre schätzen zu dürfen. Allein diese Methode ist natürlich eine sehr unsichere, da man ja die unterste Lavaschicht nicht mit Sicherheit nachweisen kann.

Ausserdem, erklärt Dietrich weiter, vollziehen sich sehr häufig Veränderungen am Körper des Vulkankegels.

---

[47]) Ferber kaufte in Neapel einen Kupferstich vom Ätna, der den Titel hatte: Carta Oryctographica di Mongibello per la sua storia naturale, scritta da Giuseppe Recupero, Canonico della Collegiata di Catania. Die Beschreibung Recuperos scheint aus kirchlichen Gründen nicht gedruckt worden zu sein. Denn Ferber sagt: „Die den Herrn Canonicum kennen, und mich versichert haben, dass er ein sehr geschickter Mann sei, vermuten, seine Beschreibung dürfte wohl nie gedruckt werden. Wie sehr ist es zu bedauern, dass die besten Unternehmungen aus Zwang, Aberglauben und falschem oder fanatischem Religionseifer zurückbleiben müssen.“ Dietrich scheint diese Beschreibung Recuperos gekannt zu haben.

Wie die geringste Bewegung den kleinen Sandkegel in der Sanduhr zerstört, so stürzt bei einer unterirdischen Erschütterung der Vulkangipfel in sich selbst zusammen, in den Vulkanschlund hinab. Infolge dieser sich oft wiederholenden Revolution ist daher vor allem die Form des Kraters einem häufigen Wechsel unterworfen. Der Krater des Ätna z. B. wird, wie Brydone[48]) nachweist, immer nur so hoch, dass sein oberer Umfang 3 Meilen beträgt; ist er einmal über diese Höhe gediehen, dann stürzt sein oberer Teil wieder in den Vulkanschlund hinein. Solche Gipfeleinstürze des Ätna vollzogen sich nach Fazello und Philoteo in den Jahren 1157, 1329, 1444 und 1536, nach Borelli[49]) auch i. J. 1669.

Ist eine Eruption vorüber, so bildet das Material, welches am oberen Teil des Schlundes sublimiert war, sich verdichtet und zu einer festen Masse vereinigt hatte, eine Kruste oder eine Art Gewölbe über dem Abgrund. Auf diesem Kraterboden entstehen häufig kleine Hügel. Hamilton beobachtete einen solchen auf dem Vesuvgipfel i. J. 1766, am 15. Dezember; er erhob sich damals noch nicht über den Kraterrand; aber bei der Eruption i. J. 1767 nahm er derart an Höhe zu, dass er am 15. Oktober des zuletzt genannten Jahres 185 Pariser Fuss mass.[50])

Vollziehen sich solche Kratereinstürze und Neubildungen auf dem Kraterboden in grossem Massstabe, dann entstehen Gebilde, wie sie der Vesuv in seiner heutigen Gestalt aufweist. Denn Vesuv und Somma, erklärt Dietrich, bildeten ehemals ohne Zweifel einen einzigen zusammenhängenden Berg, der viel höher war als der heutige Vesuv.

---

[48]) Brydone, Voyage en Sicile. 1773. Tom. IV p. 288.

[49]) Joh. Alphonsi Borelli „Historia et Metereologia incendi Aetnei anni 1669", Reggio 1670.

[50]) Kayser gibt uns in seinem Lehrbuch der Geologie (1893. Bd. 1 S. 334) eine bildliche Darstellung der Veränderungen des Vesuvgipfels nach den soeben von Dietrich geschilderten Beobachtungen Hamiltons und nach denjenigen Scrope's.

Die Somma stellt nur den Überrest des alten eingestürzten Kraters dar. Auf dem Boden dieses Kraters entstand ein neuer Kegel, und dieser wuchs allmählich bis zur Höhe des heutigen Vesuv an. „Dieser Ansicht sind die meisten Naturforscher, welche die Vulkane aufmerksam beobachtet haben", so d' Arthenay[51]) und Abt Nollet.[52]) Ausserdem beweisen es die alten Lavaströme, welche beim Graben eines Brunnens an der Somma aufgedeckt wurden. Trotz alledem hat della Torre in der notwendigen Konsequenz seines bereits entwickelten Systems eine andere Meinung. Er hält an dem Glauben, im Vesuv und am „Berge Somma" nichtvulkanische Schichten gesehen zu haben, fest und leugnet jeden ursprünglichen Zusammenhang zwischen den beiden Bergen. Und doch dürfte, bemerkt Dietrich zum Schlusse seiner Beweisführung, schon die ringförmige Gestalt der Somma darauf hindeuten, dass dieselbe der Überrest des alten Vesuvkraters ist.

Aber nicht nur der Gipfel, der Krater, so spricht sich die Dietrich'sche Vulkantheorie aus, ändert sein Aussehen sehr häufig, auch der Vulkankegel selbst bietet nicht selten neue Erscheinungen. Solche werden namentlich durch Flankenausbrüche verursacht. Denn wenn die Vulkane einmal sehr hoch sind, dann sind die Wände nicht mehr stark genug, um dem empordringenden Material Widerstand bieten zu können. Dieses bricht dann hervor, ehe es zum Gipfel gelangt, und erzeugt am Abhang des Berges neue Schlünde und Hügel.

Die oben im Sinne Dietrichs behandelten, an Beispielen rezenter Vulkane nachgewiesenen Gipfeleinstürze spielen nach der Ansicht Ferbers eine wichtige Rolle bei der Gestaltung der Erdoberfläche und können namentlich

---

[51]) Mémoires étrangers de l'académie, Tom. IV p. 248. D'Arthenay sagt hier sogar mit Fug, dass es alte Bilder gebe, welche Somma und Vesuv nur als einen einzigen Berg darstellen.

[52]) Mém. de l'Acad. des sciences, 1750 p. 81.

eine Erklärung für manche altvulkanische Gebilde geben. Ferber sagt etwa so: Ist ein Vulkan erloschen, dann stürzt er gewöhnlich in sich selbst zusammen und bildet an der Stelle des Zusammensturzes das Sammelbecken eines Sees. Er betrachtet also die Gipfeleinstürze erloschener Vulkane als die Regel und baut darauf sein System zur Erklärung der in altvulkanischen Gegenden häufig vorkommenden Seen auf. Ferber erblickt nämlich in allen Kraterseen Einsturzkessel und in den einen Kratersee umgebenden Bergen und Hügeln die Reste vom Umkreis eines alten Kraters. Der Vulkan erhob sich über der Stelle, wo nun ein See ist, mit seinem Hauptgipfel zu mächtiger Höhe. Als Beispiele hiefür führt Ferber viele italienische Seen an, so den Lago d'Averno und d' Agnano bei Neapel, den Lago d' Albano und di Nemi südlich, den Lago di Vico, di Bolsena und di Bracciano nördlich von Rom.

Eine ähnliche Ansicht hatte, wie wir in der Abhandlung über Kamtschatka nachwiesen, Steller. Ja, dieser gab seinem Einsturzsystem noch eine weitere Ausdehnung, indem er erklärte, dass alle erloschenen Vulkane auf ihrem Gipfel einen See enthalten, während diejenigen, bei denen dies nicht der Fall ist, in Zukunft noch in Brand geraten werden. Er betrachtete also einen Kratersee als das sicherste Zeichen eines erloschenen, ausgebrannten und eingestürzten Vulkans.

Diesen Systemen gegenüber bemerkt Dietrich etwa Folgendes: Es ist durchaus keine Regel, dass „die Vulkane zu einer platten See (Lago) einstürzen und niederfallen“ [58]) oder mit anderen Worten, dass der Grund eines alten Kraters sich in einen See verwandelt. Es gibt vielmehr viele erloschene Vulkane, deren Kraterbassin trocken ist. Die zahlreichen Seen Italiens sind allerdings meist Kraterseen, d. h. alte Vulkanschlünde, in welchen sich das Wasser

---

[58]) Das sind die Worte Ferbers.

angesammelt hat. Aber man dürfte einen solchen Kratersee in Übereinstimmung mit de la Condamine[54]), der ähnliche Seen in Süd-Amerika beobachtete und dann die italienischen Seen in Parallele mit den amerikanischen stellte, als „entonnoir profond de la mine d'un ancien volcan," als den ausgesprengten Trichter eines alten Vulkans betrachten.

Dietrich erkennt also, wie wir schon gelegentlich der Kaiserstuhlbeschreibung sahen, an, dass sich an Vulkanen vielfach Gipfeleinstürze vollziehen, neigt aber mit Recht der Ansicht zu, dass die Kraterseen, unsere Maare, Wasseranfüllungen alter ausgesprengter Vulkantrichter darstellen, somit Explosionskrater sind, und nicht, wie Ferber annimmt, Einsturzkessel.

Dass auf die Zeit der vulkanischen Thätigkeit oft lange Pausen der Ruhe folgen, das zeigt Dietrich an dem Beispiele des Vesuv. Die Schriftsteller, die ihre Werke vor der Eruption des Jahres 79 n. Chr. abfassten, wie Berosus Caldeus (nach dessen Bericht war der Vesuv etwa 2000 Jahre v. Chr. in Thätigkeit), Diodorus von Sicilien[55]), Strabo[56]), Vitruvius[57]) erkannten im Vesuv zwar einen feuerspeienden Berg, aber einen längst erloschenen. Auch Tacitus scheint gelegentlich der Beschreibung der Vesuv-

---

[54]) Mém. de l'acad. des sciences. 1757.

[55]) Lib. IV. No. 21: „Campus quoque ipse dictus est phlegreus a colle, qui olim plurimum ignis instar Aetnae simili evomens, nunc Vesuvius vocatur, multa servans antiqui ignis vestigia."

[56]) „Geographica," lib. V.: „Supra haec loca situs est Vesuvius, mons agris cinctus optimis, dempte vertice, qui magna sui parte plenus, totus sterilis est, cinerosus, cavernasque ostendens fissurarum plenas et lapidum colore fuliginoso, utpote ab igne exarsum, ut conjecturam facere possis ista loca quondam arsisse, et crateras ignis habuisse, materia deficiente extincta fuisse."

[57]) Lib. II. cap. 6: „Non minus etiam memoratur antiquitus crevisse ardores, et abundasse sub Vesuvio monte, et inde evomuisse circa agros flammas."

eruption des Jahres 79 auf frühere Ausbrüche des Vesuv anzuspielen.[58]). Von 79 n. Chr. bis 1139[59]), fährt Dietrich in seiner Aufzählung der Vesuvausbrüche fort, war dieser Vulkan nur mit kurzen Unterbrechungen thätig. Dann trat wieder eine lange Periode der Ruhe ein. Der Vesuv und seine Umgebung bedeckte sich abermals mit einer üppigen Vegetation; man betrachtete ihn, wie Braccini berichtet, als einen erloschenen Vulkan. Da brach er i. J. 1631 nach fast 500jähriger[60]) Ruhe mit entsetzlicher Gewalt aus.

In diesen langen Pausen der Ruhe kann sich, wie das Beispiel des Vesuv zeigt, der vulkanische Boden mit einer üppigen Pflanzendecke überziehen. Sogar auf dem Kraterboden kann, wie Dietrich am Monte Nuovo beobachtete, die Vegetation allmählich festen Fuss fassen. Die Ursache der Fruchtbarkeit, sagt Dietrich, ist hauptsächlich in der Asche zu suchen, während auf der verglasten Lava erst nach der sehr langsam vor sich gehenden Verwitterung sich Pflanzen einnisten können.

Diese letztere Ansicht Dietrichs muss als irrtümlich bezeichnet werden. Denn in Wirklichkeit verwittert die Lava ziemlich rasch und liefert oft einen guten Fruchtboden, während es hiezu bei der Asche, die ja im grossen und ganzen nur ein Gemenge von Glaspartikelchen ist, eines viel längeren Zeitraums bedarf.

Ausser jenen Vulkanen, die, wenn auch mit oft sehr langen Unterbrechungen, thätig sind, gibt es auch wirklich erloschene, d. h. solche, erklärt Dietrich, die, soweit unsere aus den ältesten Schriftstellern geschöpfte geschichtliche Kenntnis reicht, keine Spuren erneuter Thätigkeit auf-

---

[58]) Lib. I.: „Jam vero novis cladibus, vel post longam saeculorum seriem repetitis, afflictae, haustae, aut obrutae fecundissima Campaniae ora, et urbs incendiis vastata."

[59]) Nach den Ergebnissen der neueren Forschung dauerte diese Periode der Thätigkeit bis zum Anfang des 14. Jahrhunderts.

[60]) bezw. 300jähriger.

wiesen. Man hatte deshalb auch gar keine Ahnung von dem Ursprung solcher Berge, bis man erst in neuerer Zeit auf die Spuren desselben kam. Auf die vulkanische Thätigkeit des Kaiserstuhls im Breisgau z. B. weist auch nicht die geringste Andeutung der ältesten Schriftsteller, die über Germanien schrieben, hin. Ähnliche Beispiele sind die erloschenen Vulkane in Norditalien, im Gebiete von Verona, Vicenza, Padua und Toscana, und höchstens in Bezug auf den Monte Albano bei Rom könnte man bei Tacitus[61]) eine Stelle finden, die andeutet, dass er noch in geschichtlicher Zeit vulkanisches Leben äusserte. —

Nachdem wir Dietrichs Ansicht über die eigentlichen Vulkane, d. h. über solche vulkanische Örtlichkeiten, die durch Berge bestimmt sind, kennen gelernt haben, erübrigt es noch, einiges über die uneigentlichen Vulkane, d. h. über solche vulkanische Stellen, die nichts mit einem Berge zu thun haben, zu sagen. Hieher gehören vor allem die Exhalationen von Dämpfen und Gasen.

Fumarolen sind nach der Erklärung Dietrichs die Dämpfe, in welchen die Hitze eines Lavastroms entweicht, wenn sich beim Erkalten desselben Spalten und Risse bilden.

Mofetten sind nach Dietrich in der Lava eingeschlossene Gase und Dämpfe, die, weil sie lange keinen Ausweg fanden, stinkend geworden sind und bei Gelegenheit als erstickende Dämpfe zu Tage treten. Es gibt, erklärt Dietrich weiter, permanente Mofetten bei Neapel

---

[61]) Dietrich zitiert diese Stelle, aus der er schliesst, dass noch i. J. 212 v. Chr. ein Ausbruch des Monte Albano stattfand. Sie lautet (Lib. XXV. no. 7): „Tempestates foedae fuere. In Albano monte biduum continenter lapidibus pluit. Tacta de coelo multa: duae in capitolio aedes: vallum in castris multis locis supra Suessulam, et duo vigiles exanimati. Murus turresque quaedam Cumis non ictae modo fulminibus, sed etiam decussae. Reate saxum ingens visum volitare, sol rubere solito magis, sanguineoque similis.“

und in der Umgebung des Vesuv; andere erscheinen jedoch nur nach einer Eruption, und zwar auch auf alten Laven; das kommt wohl daher, dass durch den neuen Ausbruch in denselben Spalten erzeugt werden, durch welche die eingeschlossenen Gase nun entweichen. Im allgemeinen sind die Mofetten oder Ausströmungen erstickender Gase bei heiterem Himmel, sowie morgens und abends stärker als bei bedecktem Himmel und mittags, wo die Luft durch die Sonne erwärmt ist.[62]) Bezüglich der Hundegrotte (Grotta del cane) bei Neapel, die von Ferber ausführlich beschrieben wird — auch das Experiment mit kleinen Hunden findet hier Erwähnung —, verweist Dietrich ausserdem noch auf die eingehende Schilderung des Abtes Nollet[63]), sowie auf die Abhandlung de la Condamine's.[64])

Die Solfatara auf den phlegräischen Feldern bei Neapel, von Strabo (lib. V.) als „forum vulcani" bezeichnet, erklärt Ferber als das Kraterbassin eines alten eingestürzten Vulkans. Behufs näherer Informierung verweist Dietrich auf die Abhandlungen von Nollet[63]), de la Condamine[64]), Fougeroux de Bondaroy[65]). Er selbst betrachtet die Solfatara als eine vulkanische Stelle, an welcher schwefelige Dämpfe hervordringen. Diese Thätigkeit wird nach seiner Ansicht dadurch unterhalten, dass Meerwasser unter dem alten Vulkan eindringt, also eine unterirdische Verbindung mit dem Meere besteht. Das weisse kalksteinähnliche Gestein der Kraterwände erklärt Dietrich im Gegensatz zu Fougeroux und Hamilton, die es für Kalk halten, als weisse Thonerde, und zwar ist diese nach seiner Überzeugung ein Zersetzungsprodukt der Lava, verursacht durch die Wirkung der schwefeligen

---

[62]) Vielleicht will Dietrich mit dieser Bemerkung einen Einfluss des Luftdrucks auf die Ergiebigkeit der Exhalationen andeuten.

[63]) Mém. de l'acad. 1750.

[64]) Mém. de l'acad. 1757.

[65]) Mém. de l'acad. 1765.

Dämpfe. Ein solches Zersetzungsprodukt, sagt er, ist auch der Alaunstein von Tolfa und die Thonerde am Vulkan Poligné bei Rennes in der Bretagne. Es sind dies eben auch Örtlichkeiten, an denen schwefelige Dämpfe hervordringen.

Auch über das Feuer (fuoco del legno) bei Pietra mala (zwischen Florenz und Bologna) berichtet Dietrich ausführlich. Nach Ferbers Ansicht sind die hier aus dem Boden hervordringenden Flammen entzündetes Bergöl. Dietrich jedoch erklärt sie als entzündete, der Erde entströmende Dämpfe und vergleicht sie mit ähnlichen Erscheinungen bei der Stadt St. Barthelémy in der Dauphiné.[66]) Ob derartige Vorkommnisse irgend etwas mit dem Vulkanismus zu thun haben, darüber spricht er sich nicht aus.

Dass die heissen Quellen nach Dietrichs Ansicht mit den Vulkanen in ursächlichem Zusammenhange stehen, wurde bereits in der Abhandlung über Kamtschatka gezeigt.

In den dem Golf von Neapel vorgelagerten Inseln Ischia, Procida und Nisida erkennt Dietrich ebenso wie in den Liparischen Inseln in Übereinstimmung mit Hamilton vulkanische Gebilde, durch Eruptionen aus dem Meere emporgehoben. Die drei zuerst genannten Inseln, welche Strabo bekanntlich als Festlandstücke, durch Erdbeben von Italien am Kap Miseno losgetrennt, erklärte, beschreibt er eingehend, namentlich die grösste unter ihnen, Ischia. Danach entfaltete der St. Nicolas oder Epomeo, ein anf Ischia liegender Vulkan, in alter Zeit eine heftige Thätigkeit, wie dem Berichte Strabos (lib. V.) zu entnehmen ist. Nach längerer Ruhepause erwachte er im J. 1301 zu einem solch schrecklichen, 2 Monate andauernden Ausbruche, dass, wie Francesco Lombardi erzählt, die Einwohner auf das Festland flüchten mussten.

---

[66]) Bezüglich der Dauphiné verweist Dietrich auf folgende Abhandlungen: L'Histoire de l'académie, 1669, p. 25 und 1706, p. 339. — Journal de physique par Rozier 1775, Tom. VI. p. 124.

Derartige Aufschüttungen im Meere, sagt Dietrich, kannte schon Plinius (lib. II, c. 88) in beträchtlicher Menge. Die grosse Zahl der Vulkangeburten im Meere bot dann den Anlass zu einem Systeme, welches dem Vulkanismus die Hauptrolle unter den die Erdoberfläche umgestaltenden Kräften zugesteht. Als Beitrag hiezu kann namentlich eine Abhandlung Raspes[67]) betrachtet werden.

Und nun zur grossen Frage nach der Ursache des Vulkanismus!

Im 18. Jahrhundert fand die Hypothese eines das ganze Erdinnere erfüllenden Zentralfeuers zur Erklärung des Vulkanismus noch manche Verfechter. Es war bereits davon die Rede. Im Sinne dieses Systems hat man es beim Vulkanismus jedenfalls mit einem fertigen, dem brennenden (Pyriphlegethon) oder feuerflüssigen Erdinneren entstammenden Material zu thun. Es tritt im grossen und ganzen in dem Zustande, in welchem es in der Tiefe vorhanden ist, durch die Vulkane zu Tage.

Nun hatten aber schon im 17. Jahrhundert viele Gelehrte die bis dahin fast allgemein übliche Methode, die Hypothese des Zentralfeuers oder die Lehre vom feuerflüssigen Erdinnern zur Erklärung der vulkanischen Erscheinungen heranzuziehen, verlassen. Nach der Theorie dieser Männer ist die Werkstätte der Vulkane in der festen Erde zu suchen. Hier ist das feuerflüssige Material so, wie es zu Tage tritt, nicht von Anbeginn vorhanden, sondern es wird erst durch das Zusammentreffen gewisser Umstände erzeugt. Es kann also immer nur von einer lokalen Ursache des Vulkanismus die Rede sein, oder mit anderen Worten vulkanische Erscheinungen kommen nur dort vor, wo die zu ihrer Entstehung nötigen Voraussetzungen gegeben sind.

---

[67]) Dietrich meint hier die Abhandlung Raspes, welche zum Titel hat: Specimen historiae naturalis globi terraquei, praecipue de novis e mare natis insulis, Amsterdam und Leipzig 1763.

Man dachte nun zunächst an chemische Mischungsprozesse, bei denen Wasser eine wichtige Rolle spielt. So nahm Lister[68]) an, dass Kiesbänke innerhalb der festen Erdrinde durch Zutritt von Wasser in Brand geraten, und dass solche Kiesbrände die Ursache des Vulkanismus sind. Allmählich dehnte man den Oxydationsprozess auf die in der Erde als reichlich vorhanden angenommenen Metalle aus und erblickte im Vulkanismus die Wirkung der in der Erde vor sich gehenden Entmischungsprozesse, eine Hypothese, die mit der das 17. und 18. Jahrhundert beherrschenden Phlogistontheorie Hand in Hand ging, bis die Chemie durch Lavoisier am Ende des 18. Jahrhunderts in exaktere Bahnen gelenkt und jene Theorie endgiltig gestürzt wurde.

Mit Rücksicht auf diese Zeitströmung in der Wissenschaft müssen wir auch den Standpunkt Dietrichs in der Vulkanlehre einer kritischen Betrachtung unterziehen.

In kurzer Fassung sagt die Theorie Dietrichs folgendes:

Der Vulkanismus ist eine rein lokale Erscheinung, deren Ursache in den Eingeweiden der festen Erde zu suchen ist. Hier finden sich grosse Mengen von Metallen und Schwefel. Tritt zu denselben Wasser, so wird ein lebhaftes Aufbrausen erzeugt, und diesem Aufbrausen ist die Entstehung des unterirdischen Feuers zuzuschreiben. Eine anschauliche Darstellung dieses Vorgangs vermag das Experiment Lemérys[69]) zu geben, welches nach der von Sage[70]) angewendeten Methode einen sicheren Erfolg gewährt. Wenn eine Mengung von Eisen und Schwefel, mit Wasser imprägniert, in die Erde gelegt wird, dann erhitzt sich das Materialgemenge im Verlauf von 7 bis 8 Stunden, es werden

---

[68]) On the Natures of Earthquakes and Volcanoes, Philosophical Transactions, XIV. S. 512 ff.

[69]) Mém. de l'acad. des sciences, 1700.

[70]) Sage verlas den Bericht über diese Methode in der Akademie der Wissenschaften zu Paris i. J. 1766.

Dämpfe erzeugt, das Erdreich wird in die Höhe gehoben und zersprengt, und zu gleicher Zeit dringen Flammen hervor.

In Übereinstimmung mit Leméry geht also Dietrichs Ansicht dahin, dass ein Gährungsprozess, hervorgerufen durch Zutritt von Wasser zu Eisen und Schwefel, die vulkanische Thätigkeit verursache. Damit nun die Gährung in ihrer Wirkung bis zum höchsten Grad gesteigert werde, fügt Dietrichs System zu jenem Gemenge noch den Kalk hinzu.

Nun gilt es aber, das Vorhandensein von Eisen, Schwefel und Kalk an jenen Stellen der Erde, wo sich der Vulkan seine Nahrung bereitet, zu beweisen.

Dietrich sagt: Die vulkanischen Gesteine sind, wie verschiedene Untersuchungen und Analysen zeigten, sehr eisenhaltig; ebenso wird das Vorkommen von Schwefel bei Vulkanen sehr häufig beobachtet. Daraus kann man schliessen, dass auch an den Vulkanherden, woher eben das Material stammt und wo es bereitet wird, eine Menge von Eisen und Schwefel vorhanden ist. Ferner haben sich manche Vulkane, z. B. die Euganeen, ihren Weg durch Kalkstein gebrochen, andere, wie der Vesuv, haben sogar Kalksteine ausgeschleudert. Das lässt auch die Gegenwart von Kalk am vulkanischen Herde oder in dessen Nähe vermuten.

Endlich muss auch Wasser in grosser Menge am Vulkanherd vorhanden sein. Denn der Ätna, der Vesuv, der Monte Nuovo, sowie gewisse amerikanische Vulkane haben bei den Eruptionen Wassermassen ausgespieen.

Woher stammt nun aber dieses Wasser?

Die meisten Vulkane, erklärt das Dietrichsche System, liegen am Meeresufer, auf Inseln oder in der Nähe grosser Flüsse; mehrere haben sich sogar aus dem Meere selbst erhoben. Es liegt deshalb nahe, das Meerwasser als das Agens jener in der Erde vor sich gehenden Gährung anzunehmen. Das Meer dringt durch Öffnungen, Kanäle, in die Bassins der Vulkane. Diese Öffnungen können ent-

weder permanente sein oder erst durch die Stösse der Eruptionen erzeugt werden. Sind die Öffnungen permanente, so ist eine mächtige Anhäufung feurigen Materials im Bassin um so leichter erklärlich, da eben das Wasser beständig unterminiert.

Zum Emporhub des Wassers ist der von unten wirkende Luftdruck, welcher vielleicht manchmal noch dadurch verstärkt wird, dass durch den Kanal auch Meerwind eindringt, mächtig genug. Denn der Widerstand im Vulkanschlot ist, da ja hier bei einer Eruption die Luft sehr verdünnt ist, ein geringer.

Für die unterirdische Verbindung mit dem Meere führt Dietrich mehrere Beweise an, in erster Linie das Zurückweichen des Meeres. Dieses wurde, sagt er, bei vielen Vesuveruptionen beobachtet, so nach dem Berichte des (jüng.) Plinius (Buch VI, Brief 20) i. J. 79, nach dem Berichte Sorrentinos i. J. 1698, nach dem Berichte Meccatis in den Jahren 1715, 1723, 1729 und 1752. Für diesen Zurückzug des Meeres ist die Ursache darin zu suchen, dass plötzlich grosse Wassermassen in den unterirdischen Hohlraum, das Vulkanbassin, eindringen.

Beweise für die Verbindung mit dem Meere erblickt Dietrich ferner darin, dass das z. B. vom Vesuv ausgespieene Wasser sehr säurenhaltig ist, dass nur bei den Wasserergüssen Meermuscheln ausgeworfen wurden, dass das Meerwasser sich bei Vesuveruptionen häufig erhitzte und dann die Fische massenweise umkamen.

Die Mitwirkung von Meerwasser zur Erzeugung der vulkanischen Kräfte glaubt also Dietrich als eine Thatsache betrachten zu dürfen. Die von ihm beigebrachten Beweise hält er für eine genügende Stütze seines Systems auch gegenüber den Einwänden seiner Zeitgenossen.

Solche Einwände wurden unter anderem vom Physiker

Abt Nollet[71]) erhoben. Er stellt zwar die Mitwirkung des Meerwassers nicht direkt in Abrede, bestreitet aber, dass strömende Wassermassen, Wasser in flüssiger Form, vom Vulkan ausgeschleudert werden. Das Wasser könne dem Vulkanschlot vielmehr nur in Dampfform entströmen und erst nach seiner Verdichtung in Tropfenform niederfallen.

Diese Erwägung Nollets war jedenfalls eine sehr scharfsinnige. Dietrich hilft sich ihr gegenüber mit der Erklärung, es sei physikalisch möglich, dass das Wasser in flüssiger Form ausgespieen wird. Denn wenn plötzlich eine grosse Wassermasse, sagt er, über dem glutflüssigen Bassin eindringt, so wird nur die untere Schicht derselben in Dampf verwandelt; dieser hochgespannte Wasserdampf, der einen viel grösseren Raum einnimmt als das kondensierte Wasser, genügt, um die über ihm befindliche Wassermasse emporzuheben und aus dem Vulkanschlund hinauszuschleudern.[72]) Mit diesem Vorgange können wahrscheinlich auch die Wasserströme erklärt werden, die i. J. 1631 vom Vesuv ausgeschüttet wurden.

Direkt gegen die Mitwirkung des Meerwassers zur Erzeugung der Vulkanausbrüche sprachen sich die Akademie zu Neapel, della Torre und andere Zeitgenossen Dietrichs aus. Sie wiesen jene Rolle dem Regenwasser zu und hielten die innerhalb eines Jahres auf den Vesuv niederfallende Regenmenge für genügend, um solche Wassermassen, wie sie in der That bei verschiedenen Vesuveruptionen niedergingen, zu liefern.

Demgegenüber erklärt Dietrich, dass nie so viel Regenwasser auf einmal niederfallen kann, als es nötig ist, um in die Eingeweide des Vesuv zu gelangen; denn hier

---

[71]) Mém. de l'acad. des sciences, 1750, p. 95.

[72]) Diese Erklärung Dietrichs erinnert in ihrem ersten Teile lebhaft an das Leidenfrost'sche Experiment, bei welchem sich bekanntlich zwischen den Wassertropfen und die erhitzte Metallplatte eine Dampfschicht einschiebt.

ist es so heiss, dass das meteorische Wasser in der Menge, in welcher es in Wirklichkeit niederfällt, in Dämpfe aufgelöst wird, noch ehe es an den eigentlichen Vulkanherd gelangt.

Weiterhin erblickt della Torre in dem häufig beobachteten Zurückweichen des Meeres eine Folge der eine Eruption fast regelmässig begleitenden Erdbeben[73]), und nicht, wie Dietrich, eine Folge davon, dass dem Meere durch unterirdische Kanäle plötzlich grosse Wassermassen entzogen werden. Ebenso behauptet della Torre, dass die im Vesuv enthaltenen Säuren genügen, um den Säuregehalt des bei den Eruptionen niedergegangenen Wassers zu erklären.

Allen diesen Einwänden gegenüber glaubt Dietrich immer noch genug Beweise für die Richtigkeit seines Systems zur Verfügung zu haben. Als wirklich stichhaltig, meint er, kann höchstens der Einwand gelten, dass das in das Vulkanbassin eingedrungene Meerwasser infolge der dort herrschenden Luftspannung zurückgestaut werden müsse. Auf diese Entgegnung antwortet Dietrich, in Übereinstimmung mit Nollet, mit dem Zugeständnis, dass in der That ein Teil des in das Vulkanbassin eingedrungenen Wassers ins Meer zurückgedrängt wird, erklärt jedoch, dass der andere Teil des Wassers sicherlich durch den Vulkanschlot zu Tage gefördert wird. Vielleicht, fügt er hinzu, ist eben jenes ins Meer zurückgestaute Wasser den Meeresbewohnern schädlich und die Ursache ihres Sterbens.[74]) —

Aus dem allen geht hervor, dass Dietrich mit Ernst das Problem der Ursache des Vulkanismus zu ergründen suchte. Namentlich zieht seine Theorie die Anteilnahme des Wassers an der Erzeugung der vulkanischen Kräfte als

---

73) Auf diesem Standpunkt steht im allgemeinen auch die moderne Auffassung.

74) Ein Anhänger dieses Dietrich'schen Systems war namentlich d'Arthenay (Mém. étrang. Tom. IV p. 278).

etwas Feststehendes in Erwägung. Er gibt zwar zu, dass in einzelnen Fällen reichlich niederfallender Regen zur Erhöhung des Gährungsprozesses beitragen könne, als das eigentliche Agens für die Erzeugung einer Eruption jedoch betrachtet er das fliessende oder stehende Wasser der Erde. —

Zur Vervollständigung der Vulkantheorie Dietrichs erübrigt es noch, dessen Standpunkt in der Basaltfrage kennen zu lernen. Um diese drehte sich ja in der Hauptsache der Kampf zwischen den Vulkanisten und Neptunisten.

Guettard, welcher zu Anfang der 1750er Jahre die erloschenen Vulkane der Auvergne entdeckte, machte bei dieser Gelegenheit Bekanntschaft mit dem säulenförmigen Basalt. Er gelangte zu der Ansicht, dass demselben wässriger Ursprung zuzuschreiben sei. Dietrich tritt dieser Hypothese entgegen und sucht sie auf Grund seiner Beobachtungen in Italien in allen Punkten zu entkräften. Wenn, sagt er, Guettard meint, die Krystallisation erfolge gewöhnlich nur in einem ruhigen Milieu, so ist dem zu erwidern, dass es kaum ein ruhigeres Milieu gibt als eine feurige Masse, die so zäh ist, dass sie nicht durch die Luft bewegt wird, und doch so flüssig, dass sie bei einer langsam erfolgenden Kondensation den homogenen Partikelchen Zeit lässt, sich zusammenzuscharen. Wenn Guettard ferner meint, der Basalt weise in seiner Struktur eine wesentliche Verschiedenheit von der porösen Lava auf, so wird ihm schon eine Untersuchung mit der Lupe beweisen, dass erstens der Basalt in seinen Bestandteilen eine grosse Übereinstimmung mit der Lava aufweist, und dass zweitens nicht alle Laven blasig und porös sind, dass vielmehr die Struktur mancher ganz gleich der des Basalts ist. Andere Einwände Guettards, die sich gegen die Möglichkeit einer Krystallbildung in der Lava richten, werden durch das thatsächliche Vorkommen vollständig ausgebildeter Krystalle in diesem vulkanischen Gestein widerlegt. Der säulenförmige

Basalt ist nichts anderes als das Schrumpfungsprodukt der erkaltenden Lava. Die Lava löste sich bei der allmählich vor sich gehenden Abkühlung in ihrem Zusammenhang und zerbrach in 4-, 5-, und mehrseitige Säulen. Diese Säulen stellen also gewissermassen gegenüber den kleinen, wirklichen Krystallen der Lava das Produkt einer im grossen Massstabe erfolgten Krystallisation dar.

Zu einem ähnlichen Resultate bezüglich der Entstehung und der säulenförmigen Absonderung des Basalts war bekanntlich Desmarest auf Grund seiner Studien in Oberitalien und in der Auvergne gelangt.[75]) Dietrich stimmt ihm ausdrücklich bei und weist des weiteren auf das wiederholt beobachtete Vorkommen des Basalts auf vulkanischem Boden hin. So fand er selbst ausser in Italien auch bei St. Thibery in der unteren Languedoc den säulenförmigen Basalt in Wechsellagerung mit vulkanischen Schichten. Raspe[76]) hatte ferner bei Kassel (Habichtswald) im Zusammenhang mit dem hier vorkommenden Basalt vulkanische Spuren nachgewiesen. Endlich entdeckte J. v. Born bei Eger gerade in der Nähe des Ortes, wo der säulenförmige Basalt vorkommt, alte Vulkane und erachtete auf Grund dieser Entdeckung die vulkanische Natur auch des böhmischen Basalts als erwiesen.[77])

---

[75]) Mém. de l'acad. 1771.

[76]) Raspe, Nachricht von niederhessischen Basalten und den Spuren eines erloschenen Vulkans am Habichtswalde, Schriften der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, 1771.

[77]) J. v. Born machte diese Entdeckung, als die von ihm herausgegebenen Ferber'schen Briefe gerade im Drucke waren. Ferber war auf seiner Reise in Italien zur Überzeugung gekommen, dass der hier vorkommende Basalt vulkanischen Ursprungs sei; bezüglich des böhmischen Basaltes, den er vor seiner Italienreise gesehen und als wässrige Bildung erklärt hatte, hegte er nunmehr Zweifel, wollte aber, bevor er ihn nicht noch einmal gesehen hätte, keine Entscheidung treffen. Überhaupt war Ferber bestrebt, einen vermittelnden Standpunkt zwischen den Vulkanisten und Neptunisten einzunehmen, wie wir ja schon früher zu zeigen Gelegenheit hatten. Dietrich kannte

Auf Grund dieser Beobachtungen erklärt Dietrich in Übereinstimmung mit Desmarest: Der Basalt kommt nur in der Gegend erloschener Vulkane und im Zusammenhang mit vulkanischen Produkten vor, er ist also unzweifelhaft selbst ein vulkanisches Produkt. Und wenn man manchmal auch Basalt ohne jeglichen Zusammenhang mit einem Vulkane antrifft, so braucht man nur, um das zu erklären, an die an der Erdoberfläche vor sich gehenden Veränderungen, namentlich an die Thalbildung zu denken. Durch Erosionswirkungen kann ein Lavastrom sehr leicht in einzelne Stücke zerrissen werden, und wenn man solche Stromreste verfolgt, wird man sicher zu einem Vulkanschlunde gelangen. Man darf also, so fasst Dietrich sein System zusammen, ein Gestein, das sich bei erloschenen Vulkanen oder doch nur durch einen Zufall von solchen getrennt findet, und das sich lediglich durch seine regelmässige Form von der gewöhnlichen Lava unterscheidet, ohne Furcht, einen Irrtum zu begehen, als ein vulkanisches Produkt betrachten. Und wenn man etwa einwenden will, dass bei noch thätigen Vulkanen kein Basalt vorkommt, so kann man mit Desmarest erwidern, dass sich z. B. auch am Ätna Basalt findet.

Dietrich vertritt also in der Basaltfrage mit Entschiedenheit den vulkanistischen Standpunkt. Auf Grund eines stattlichen Beweismaterials weist er auf die häufige Gegenwart des Basalts bei erloschenen Vulkanen, auf dessen Vorkommen in unmittelbarem Zusammenhang mit anderen vulkanischen Produkten und auf die substanzielle Uebereinstimmung des Basalts mit der Lava hin. Die säulige Absonderungsform dieses Gesteins endlich erklärt er als eine Abkühlungserscheinung, als das Schrumpfungsprodukt der langsam erkaltenden Lava. Nebenbei sei hier auch erwähnt,

---

die Entdeckung v. Borns aus einem Briefe, den dieser an den Grafen Kinsky schrieb. Veröffentlicht wurde Borns Abhandlung über den Kammerbühl 1773 in Prag.

dass Dietrich, wie bereits angedeutet, in den Resten alter Basaltströme ein Mittel zur Auffindung der Stellen zerstörter Vulkangipfel erkennt. Diese Methode zur Rekonstruktion von Vulkanruinen wurde bekanntlich in neuerer Zeit von Reyer in ausgedehntem Masse angewendet.[78])

Nachdem die Vulkantheorie Dietrichs, soweit es die Zusammenstellung der hierauf bezüglichen, namentlich in seinem Werke über Italien zerstreuten Bemerkungen gestattet, in ihrer Bedeutung den zeitgenössischen Systemen gegenüber erörtert wurde, erübrigt es noch, dieselbe auch vom modernen Standpunkte aus einer Würdigung zu unterziehen. Irrte Dietrich auch in einzelnen Punkten, so hat er auf der andern Seite manche Grundprinzipien der heutigen Vulkanlehre mit Entschiedenheit vertreten, und das zu einer Zeit, da die ganze Frage des Vulkanismus noch nicht im mindesten geklärt war, da vielmehr erst die Anfänge einer auf Wissenschaftlichkeit Anspruch erhebenden Theorie zu suchen sind. Dass gerade Dietrich so frisch vorwärts schreiten konnte und Resultate erzielte, die in vielen Punkten dem modernen Standpunkte sehr nahe kommen, das verdankt er vor allem seinem unermüdlichen Forschungsgeiste und dem Fleisse, mit welchem er das ganze Beobachtungsmaterial seiner Zeit sammelte. Und noch ein weiteres Verdienst muss man Dietrich zuerkennen: er legte auf experimentelle Darstellungen einen grossen Wert. Schritt für Schritt kann man in unserer Abhandlung das Bestreben Dietrichs wahrnehmen, die vulkanischen Erscheinungen durch analoge Vorgänge bei gewissen Experimenten zu erklären. —

Sollen zum Schlusse die Untersuchungen Dietrichs in ihrer Bedeutung für die vulkanologische Forschung der

---

[78]) Namentlich machte Reyer derartige Versuche an den Euganeen, wie bereits erwähnt (Die Euganeen, Wien 1877). Bergeat stellt freilich die Möglichkeit einer auch nur annähernden Wiederherstellung des Bildes eines zerstörten Vulkans an der Hand der Gang- und Stromreste in Frage.

Gegenwart im einzelnen gekennzeichnet werden, so lassen sich im wesentlichen folgende Punkte hervorheben.

1. Dietrich lehnt die Hypothese eines das ganze Erdinnere erfüllenden Zentralfeuers ab, erklärt den Vulkanismus als eine rein lokale Erscheinung und spricht jedem Vulkane oder doch jedem Vulkangebiete ein besonderes Nahrungsbassin, eine besondere Esse innerhalb der festen Erdrinde, wenn auch in grosser Tiefe, zu.

2. Dietrich betrachtet als Vorzeichen einer Eruption: unterirdisches Getöse, Erzittern des Berges, Erhöhung des Kraterbodens und Entstehung kleiner Hügel auf demselben, endlich Gase und Dämpfe, die dem Krater in reichlichem Masse entströmen. Auch die moderne Auffassung betrachtet diese Erscheinungen als die alleinigen unbedingt zuverlässigen Anzeichen einer unmittelbar bevorstehenden Eruption. Die Ursache der einer Eruption gewöhnlich vorausgehenden Erdbeben erkennt Dietrich richtig darin, dass der Vulkanschlot während der langen Pause der Ruhe verstopft wurde, und dass beim Wiedererwachen der unterirdischen Kräfte diese mit enormer Wucht die über ihnen lastende Decke zu sprengen suchen und mit Ungestüm an den Vulkanwänden rütteln.

3. Dietrich tritt der Frage der Luftdruckeinwirkung auf die vulkanische Thätigkeit näher. Er stellt eine solche Einwirkung gegenüber der Ansicht Hamiltons, dass ein barometrisches Minimum gewöhnlich ein regeres vulkanisches Leben zur Folge habe, in Abrede. Das Problem der Luftdruckeinwirkung kann zwar noch heute nicht als gelöst betrachtet werden. Aber im allgemeinen hat es doch den Anschein, als ob Dietrich mit seiner Anschauung Recht behielte. Wie aus dieser Abhandlung zu entnehmen ist, betrachtet er die Rauchsäule über dem Vulkanschlund lediglich als eine Art von Hygroskop. Ein ähnliches Ergebnis lieferten die neuesten Untersuchungen, die Bergeat am

Stromboli anstellte.[79]) Im übrigen verzeichnet Dietrich auch die beobachtete Thatsache, dass die Mofetten oder „Ausströmungen erstickender Gase“ bei heiterem Himmel sowie morgens und abends ergiebiger sind als bei bedecktem Himmel und mittags. Ob diese Beobachtung mit dem Luftdruck in Zusammenhang zu bringen ist oder nicht, darüber äussert er sich nicht.

4. Dietrich erblickt in den sog. Vulkangewittern eine elektrische Erscheinung, die im wesentlichen durch Reibungsprozesse innerhalb der Dampfsäule verursacht wird. Das ist auch die moderne Ansicht.

5. Dietrich behauptet, dass die in den Tuffen am Vesuv gefundenen Meermuscheln oder Meerschnecken keine Versteinerungen seien, sondern zugleich mit dem Wasser vom Vesuv ausgeschleudert wurden und den Beweis liefern, dass dieses Wasser vom Meere stammt. Neuere Ansichten, so die Bergeats, gehen jedoch dahin, dass jene Muscheln in Wirklichkeit Versteinerungen sind, aus dem alluvialen Untergrunde des Vesuv losgerissen. Welche Bewandtnis es mit den auf den Vulkanen Kamtschatkas und in deren Umgebung beobachteten „Walfischknochen“ hat, bedarf jedenfalls noch der Untersuchung.

6. Dietrich machte die Beobachtung, dass sich die Eruptionen nicht nur am Gipfel eines Vulkans, sondern auch an den Flanken und am Fusse desselben vollziehen können; namentlich aber betrachtet er es als die Regel, dass bei hohen Vulkanen die Lavaergüsse nicht am Gipfel, sondern an den Seiten erfolgen. Den Grund hiefür erblickt er darin, dass bei hohen Vulkanen die Wände weiter oben nicht mehr stark genug sind, um dem empordringenden Magma Wider-

---

[79]) Bergeat, Der Stromboli als Wetterprophet, Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellsch. IL, S. 153 ff Eine interessante Zusammenstellung der in dieser Sache geäusserten Ansichten findet sich bei: Günther, Handbuch der Geophysik, 1. Bd. S. 383.

stand zu leisten. Neuerdings wurde die Thatsache, dass bei hohen Vulkanen der Austritt der Lava in der Regel an den Flanken erfolgt, mehrfach damit erklärt, dass der Druck der empordringenden Masse so gross ist, dass, noch ehe sie zum Gipfel gelangt, die Wände durchbrochen werden. Einer unserer neuesten Vulkanologen, Bergeat, ist jedoch in Uebereinstimmung mit Dietrich der Ansicht, dass die bei hohen Vulkanen nach oben zu natürliche Schwäche der Wände die eigentliche Ursache der seitlichen Lavaergüsse ist, während bei niederen Vulkanen der Weg, den das empordringende Material vom Grundgebirge aus zurückzulegen hat, zu klein ist, als dass es zu einem seitlichen Austritt desselben kommen könnte.

7. Dietrich erblickt die Ursache des Auftriebs der feurig-flüssigen Masse zum Teil in dem Gasgehalte derselben. Auf diesem Standpunkt steht so ziemlich auch die moderne Geologie, nur fügt sie an Stelle des nach Dietrichs Ansicht von oben wirkenden Dampfdruckes noch das vom Magma absorbierte und in Dampf verwandelte Wasser hinzu, um die explosiven Vorgänge, unter denen sich heutzutage eine Eruption zu vollziehen pflegt, zu erklären.

8. Dietrich erkennt in Uebereinstimmung mit der modernen Anschauung den Grund, warum ein Lavastrom seine innerliche Wärme oft Jahre lang bewahrt, in der denselben unter dem Einfluss der Luft überziehenden Kruste, die eben ein schlechter Wärmeleiter ist.

9. Dietrich war einer der ersten, der die Aufschüttungstheorie in der Vulkanlehre mit Entschiedenheit vertrat. Er eilte damit seiner Zeit gewissermassen voraus. Denn bekanntlich hat die Buch'sche Erhebungstheorie Jahrzehnte lang eine fast unbestrittene Herrschaft in der Geologie ausgeübt, bis sie durch Lyell[80]) und Scrope[81]) ins Wanken

---

[80]) Lyell, Principles of Geology, London 1875.

[81]) Poulett-Scrope, Die Vulkane, deutsch von v. Klöden Berlin 1872.

gebracht und unter dem Einfluss ihrer Forschungen und Schriften fast ganz verdrängt wurde[82])

10. Dietrich spricht den Grundsatz aus, dass der Krater eines rezenten Vulkans in seinem Aussehen ein sehr wechselvolles Bild biete. Auf Grund solcher sich in grossem Massstabe vollziehenden Veränderungen erklärt er in sehr scharfsinniger Weise das Zustandekommen der heutigen Gestalt des Vesuv, des Ätna und des Awatschavulkans auf Kamtschatka. Namentlich die Art und Weise, wie er sich die Entstehung des Vesuv und der diesen teilweise ringförmig umgebenden Somma vorstellt, deckt sich vollständig mit der modernen Auffassung.

11. Dietrich erkennt in vielen der italienischen Seen Wasseranfüllungen alter Krater und erklärt sie im Gegensatz zu Ferber, der alle jene Seen als Einsturzkrater betrachtet, als alte ausgesprengte Vulkantrichter. Das System der Einsturzkessel hat noch vor kurzer Zeit eifrige Verfechter gefunden. Neuerdings jedoch ist man mehr und mehr zur Ueberzeugung gelangt, dass jene Kraterseen, Maare genannt, in Wirklichkeit Explosionskrater sind.

---

[82]) Auch der Kaiserstuhl wurde in dieser Periode der Buchschen Erhebungstheorie für einen Erhebungskrater mit einer Caldeira in der Mitte erklärt, und zwar von Fromherz (Geognost. Skizze der Umgebung Freiburgs in H. Schreiber, Freiburg und seine Umgebungen. 1838 und in den späteren Auflagen dieses Werkes). Nies (Geognost. Skizze, S. 16) schreibt hiezu: „So gehört auch unser Gebirge zu den zahlreichen Fällen der Erhebungskrater, die man in dieser Periode unserer Wissenschaft aufstellte, einer Periode, welche vielleicht mit mehr Recht den Namen der von Buch'schen führen könnte, als irgend eine nach einem einzelnen Manne benannt wird. Die ausserordentlich hohe Zahl dieser Erhebungen hat sich in neuerer Zeit durch wiederholte Forschung immer mehr und mehr gelichtet; scheint es doch, als wenn nach den neuesten Forschungen selbst der als Urtypus hingestellte Krater der Insel Palma anders aufzufassen sei (Lyell, Manual of elementary geology, 5. Aufl. p. 498; Hartung, Lanzerote und Fuertaventura, p. 107; Reiss, Diabas und Lavaformation der Insel Palma. Wiesbaden 1861)."

12. Dietrich erblickt als das eigentliche Agens für die Erzeugung einer Eruption das fliessende oder stehende Wasser der Erde, das durch unterirdische permanente Kanäle oder durch Erdbeben erzeugte Spalten zum Vulkanherde gelangt. Namentlich spielt nach seiner Ansicht das Meerwasser hiebei eine wichtige Rolle. Er weist auf die Lage der Vulkane am Meere oder in der Nähe grosser Flüsse, sowie auf die grosse Zahl der vulkanischen Inseln hin. Die Möglichkeit, dass das Regenwasser bis zum Vulkanherde gelangt, stellt er in Abrede. Die vulkanischen Systeme der neueren Zeit haben wiederholt auf einen ursächlichen Zusammenhang des Meeres mit der vulkanischen Thätigkeit Bedacht genommen. Von anderer Seite, so von Kayser[83]) und Bergeat wird gegen diese Ansicht geltend gemacht, dass die Meeresnähe vieler Vulkane nur eine scheinbare ist, dass vielmehr manche z. B. im nördlichen Chile mehrere 100 km von der Küste entfernt sind. Sie leugnen demnach auch die Anteilnahme des Meerwassers an der Erzeugung vulkanischer Eruptionen. Da man aber auf die Mitwirkung des Wassers überhaupt bei dem Zustandekommen einer Eruption nicht gut verzichten kann, so erklärt namentlich Günther[84]), dass es auch genüge, an meteorisches Wasser zu denken. Dasselbe gelangt, durch den Boden und durch das Gestein sickernd, in immer grössere Tiefe und endlich auch einmal zu den Magmabehältern. Dass durchsickerndes Bodenwasser in der That allmählich vom Magma resorbiert werden kann, diese Möglichkeit ist durch Versuche, die Daubrée[85]) nach dieser Richtung anstellte, erwiesen.

13. Dietrichs entschiedenes Eintreten für die vulkanische Natur des Basaltes muss als ein energisches Vor-

---

[83]) Kayser, Lehrb. der Geol., I, S. 382.

[84]) Günther, Handbuch der Geophysik, Stuttgart 1897. 1. Bd. S. 428.

[85]) Daubrée, Les eaux souterraines à l'époche actuelle, II. Paris 1887.

wärtsschreiten zur modernen Anschauung betrachtet werden. Für ihn war die Basaltfrage entschieden, noch ehe der Kampf zwischen den Neptunisten und Vulkanisten seinen Höhepunkt erreichte. Dieser Streit zog die Geister immer mehr und mehr in seine Kreise und gefährdete die natürliche, gesunde Entwicklung der gesamten Geologie erheblich. Es ist deshalb um so mehr anzuerkennen, dass Dietrich dem namentlich in Deutschland aufs heftigste geführten Kampfe[86]) gegenüber ganz teilnahmslos verblieb und unentwegt an seinem auf sichere Beobachtungen gegründeten Systeme festhielt.

So ist es vielleicht gelungen, nachzuweisen, dass Dietrich in der Geschichte der Vulkanologie eine sehr schätzenswerte Stellung einnimmt. Er hat sich durch unermüdliche Erforschung der Thatsachen selbst eine Fülle von Erfahrungen gesammelt und war einer der ersten, der ein wohlgeordnetes vulkanologisches System auf einer sicheren Grundlage aufbaute. Deshalb spielt er nicht nur den meisten seiner Zeitgenossen gegenüber eine vorteilhafte Rolle, sondern er hat auch der modernen Geologie und namentlich den modernen Anschauungen über die vulkanischen Erscheinungen wertvollen Vorschub geleistet.

Philipp Friedrich von Dietrich verdient es darum in vollem Masse, dass ihm in der Geschichte der Geologie und Erdgeschichte ein Denkmal gesetzt wird.

---

[86]) Eine eingehende Darstellung dieses Kampfes findet sich bei: Ch Keferstein, Beiträge zur Geschichte und Kenntnis des Basalts und der ihm verwandten Massen, Halle 1819.



MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ACHTES STÜCK:

DER ERSCHÜTTERUNGSBEZIRK DES GROSSEN ERDBEBENS ZU LISSABON.

VON

DR. HANS WOERLE
K. REALLEHRER IN NEUBURG A. D.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1900.

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ACHTES STÜCK:

DER ERSCHÜTTERUNGSBEZIRK DES GROSSEN ERDBEBENS ZU LISSABON.

VON

DR. HANS WOERLE

K. REALLEHRER IN NEUBURG A. D.

MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.

1900.

DER ERSCHÜTTERUNGSBEZIRK DES GROSSEN ERDBEBENS ZU LISSABON

EIN BEITRAG
ZUR GESCHICHTE DER ERDBEBEN

VON

HANS WOERLE.

MIT ZWEI KARTEN.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1900.

Inhaltsverzeichnis.

C. Kritischer Teil.

Einleitung.

In einem Vortrage gelegentlich des letzten Geographentages zu Jena bezeichnete Gerland-Strassburg die Frage der Erdbebenforschung als eine terra incognita, wie als solche vor 100 Jahren noch Afrika und Australien gelten mussten. Man wird sich der Zustimmung kaum entschlagen können, sobald man bei einer Prüfung bisheriger Forschungsresultate nicht so sehr die Wirkungen als die Ursachen ins Auge fasst, wiewohl damit keineswegs behauptet sein möge, dass auch sämtliche äussere Erscheinungsformen in ihren Beziehungen zur blossen Erderschütterung genügende Klärung gefunden hätten. Es hält freilich auch für diese schwer, sie in ihrer Natur zu ergründen, solange eben die primäre Ursache einem noch unklaren Bereiche angehört. Seit Ende des vorigen Jahrhunderts zeigt sich zwar ein redliches Bemühen, alle Erfahrungen auf dem Gebiete seismischer Phänomene unseres Erdballs gewissenhaft zusammenzutragen, aber das ist eben ein später Anfang, der wohl in Zukunft durch die geplante Organisation einer internationalen Erdbebenforschung allmählich paralysiert werden dürfte. Und man darf sich mit Recht fragen, wie sich denn der menschliche Wissensdrang einer so einschneidenden Frage gegenüber geradezu gleichgültig verhalten konnte. Ja, unsere alten Naturkenner, wie Aristoteles, Seneca und Plinius, hätten schon den richtigen Weg betreten gehabt; zum mindesten befreiten sie sich von der Anschauung, als ob ein Erdbeben als blosser Akt des göttlichen Willens, unabhängig von irgendwelchen Naturkräften, anzusehen sei, allein ihr Werk fand keine entsprechende Fortsetzung. Das Mittelalter, überhaupt kein besonderer Freund exakter Forschung, war es zufrieden, sich

in bewusster Frage in recht abenteuerlichen Ideen zu gefallen und sich, meistens aus religiösen Bedenken, durch mystische Vorstellungen einschläfern zu lassen.

Da war es denn ein Ereignis, das durch seine bis dahin ungekannte Furchtbarkeit die Gemüter der Menschen in Aufregung versetzte und dadurch einen gewaltigen Umschwung in deren behaglichen Indifferentismus gegen die schrecklichen Kräfte des Erdinneren herbeiführte, — das Erdbeben zu Lissabon am 1. November 1755. Begreiflich, wenn jetzt ein reges Interesse für diese Naturerscheinung um sich griff, dessen nächste Folge eine wahre Flut von Schriften aus berufener und unberufener Hand war. Nun sehen wir die verschiedensten Theorien auftauchen, es macht sich eine lebhafte Teilnahme seitens der Naturforscher bemerkbar; und die eine Thatsache ist von unschätzbarer Bedeutung, dass nun auch in das gewöhnliche Volk etwas mehr Sinn für die Naturwissenschaften getragen wurde.

Man würde indessen zu viel annehmen, wollte man seit dem fraglichen Zeitpunkte die Umwälzung als eine radikale und allseitige erachten. Die nahezu abgöttische Verehrung griechischer Philosophie und der von ihr genährten Patristik war für ein freies Studium noch ein grosses Hindernis. So verficht Walburger[1]) in seiner „Philosophisch—Theologischen Abhandlung von den Erdbeben" noch im Jahre 1756 die Meinung, dass Erdbeben nur dann auftreten, wenn die Bewohner des heimgesuchten Landes ein gottloses und ungerechtes Leben geführt hätten. Das Lissaboner Leben musste natürlich eine Strafe Gottes sein, die dieses „sündhafte Babylon" mit Recht verdient hat; für andere wiederum war das schreckliche Unglück nur die unausbleibliche Folge für das Schreckenregiment der Inquisition, die an eben diesem verhängnisvollen Allerheiligen-Tage ihr Blutgericht halten sollte. Wenn ferner die Bevölkerung Lissabons angesichts

[1]) Ansichten über die Ursachen der Erdbeben; von Engelhardt, Gaea 25. 1899. p. 145.

des furchtbaren Ereignisses an das Ende der Welt dachte, so ist das vom menschlichen Standpunkte aus wohl begreiflich; nicht aber ging es an, wenn dem ohnehin über die Massen unglücklichen und geängstigten Volke in Wort und Schrift[1]) der Boden noch heisser gemacht wurde, indem unter Hinweis auf eine Stelle in der Apokalypse des hl. Johannes[2]) das Volk den bevorstehenden Untergang der Welt erkennen sollte. Der Mathematiker Böhme weist denn auch in den Gelehrten Dresdener Anzeigen[3]) 1756 darauf hin, dass es immer noch Leute gäbe, die in den Erdbeben etwas Uebernatürliches sehen wollen.

Solche Anschauungen vermochten nun die Arbeit fleissiger und hochbefähigter Physiker, wie sie noch das 18., besonders aber das 19. Jahrhundert zeitigte, kaum mehr zu beeinträchtigen. Gehen auch deren Ansichten bisweilen stark auseinander, man muss zugestehen, die Theorien sind scharfsinnig erdacht, aufgebaut auf Gesetzen, wie sie ihnen die Natur in die Hand gegeben. Die Erdbebenforschung ist eben eine äusserst schwierige geophysikalische Aufgabe, weil eine Hauptbedingung unverfälschter Forschung, die unvermittelte Anschauung, fehlt. So darf es nicht befremden, wenn jene Theorie, die seit Jahren sich zur herrschenden auszuwachsen schien, derzufolge die Erdbeben auf geotektonische Vorgänge als erste Ursache zurückzuführen wären, wieder angezweifelt wird, indem nämlich in neuester Zeit eine berufene Kraft, Gerland in Strassburg, glaubt, dass als primäre Ursache der Uebergang der gasförmigen Substanz in die flüssige anzusehen sei.[4]) Man wird sich daher hüten, auf eine Theorie als auf die allein richtige zu schwören; und mit Rücksicht darauf sagt auch Siegm. Gün-

---

[1]) Suppl. aux Reflexions . . . 1757. p. XVI.
[2]) Apokalypse. Cap. VI. 12.
[3]) Gaea. Bd. 25. Jahrg. 1889.
[4]) Verhandlungen d. 12. deutschen Geographenstages zu Jena 1897. Berlin 1897. p. 110 ff.

ther:[1]) „Die Natur vermag dieselben Effekte mit sehr verschiedenen Mitteln zu erreichen; das Schablonisieren auf diesem Gebiete führt nur zu schlimmen Enttäuschungen."

Die vorliegende Abhandlung wird daher diese viel umstrittene Frage von vorneherein offen lassen müssen, und das umsomehr, als einerseits die gewaltige Lissaboner Katastrophe ja doch nur ein Glied in der grossen Kette der Erdbebenerscheinungen überhaupt bildet, anderseits das Ereignis doch schon zu weit zurückliegt, um auch nur annähernd sichere Anhaltspunkte zu gewinnen, wie sie die Klärung dieser wichtigen Frage erheischt. Der Zweck der Arbeit möge mit Folgendem zusammengefasst sein: Wie gross ist der Propagationsbezirk der durch das Erdbeben von Lissabon am 1. Nov. 1755 hervorgerufenen Erschütterungen, und welches sind die Phänomene, die zur Annahme des Umfanges fraglichen Gebietes berechtigen?

Verschiedene Gründe lassen diese Frage interessant genug erscheinen, sich eingehender mit ihr zu beschäftigen. Vor allem kennt die Geschichte, wenn man von der Sintflut absieht, die sich übrigens hinsichtlich ihrer ganz absonderlichen Grösse und Furchtbarkeit durch die Forschungen eines Suess[2]) eine nicht unwesentliche Einschränkung gefallen lassen musste, kein schrecklicheres Ereignis, als eben dieses Erdbeben, kein Vorkommnis, das wie dieses eine so mächtige Ausdehnung gewann und die Menschheit in drei Weltteilen in Aufregung zu bringen vermochte. Dann aber haben wir dieses Naturereignis, um nochmals darauf hinzuweisen, als einen Markstein in der Geschichte der Seismologie anzusehen, als einen Wendepunkt zur Objektivität, zum Besseren. Und so ist es gewiss nicht ohne Interesse, zu erfahren, in wie weit sich zu jenem Zeitpunkte der

[1]) S. Günther, Lehrbuch d. phys. Geographie, Stuttgart 1891. p. 175.

[2]) Suess, Das Antlitz der Erde, Bd. I., Prag-Leipzig 1883. p. 1 ff.

Forschungstrieb in dieser Erdbebenangelegenheit äusserte. Freilich darf man nicht übersehen, dass die Art der Beobachtung eine erschwerte war, denn es fehlten damals ja noch alle feineren Einrichtungen; folglich musste sich so das Material auf rein sinnliche und, was besonders zu betonen ist, auf meist zufällige Beobachtungen beschränken. Es bedarf keiner Versicherung, dass natürlich heutzutage, wo die feinsten Flutmesser, Seismometer, magnetische und sonstige Registrierapparate zu ständiger Verfügung stehen, ein Erdbeben von solcher Intensität wie das Lissaboner ein viel umfassenderes Material liefern und, zweifellos, in vielen Dingen einer anderen Auffassung Raum geben würde.

So aber müssen wir uns eben auf die Ueberlieferungen stützen, wie sie die einzelnen Beobachter erfassen konnten. Und man muss zugestehen, die Wahrnehmungen sind bisweilen mit Ruhe und Verständnis gemacht und aufgezeichnet worden, wie aus später folgenden Quellenangaben hervorgehen dürfte. Natürlich war aber auch auf der anderen Seite das Sensationsbedürfnis in Anbetracht eines solchen welterschütternden Ereignisses nicht gering; daher mag wohl manche Nachricht aufgebauscht worden sein, Phantasie und Wichtigthuerei eine nicht unbedeutende Rolle gespielt haben. Es wird indessen nicht schwer fallen, an der Hand neuester Beobachtungen das Richtige und Wahrscheinliche vom Falschen und Uebertriebenen zu scheiden.

Quellen.

Bei eingehender Prüfung der Quellen muss die bisweilen merkwürdige Uebereinstimmung der Berichterstattung auffallen; allein diese Thatsache lässt sich nur mit dem Hinweis auf das damals doch schon ziemlich entfaltete Nachrichtenwesen durch Zeitungen erklären, deren sich die Schriftsteller bei Zusammenstellung der Einzelheiten bedienten. Wir finden bei Krüger[1]) die Notiz, dass seit mehr als

[1]) Krüger, Gedanken von d. Ursachen der Erdbeben; Halle und Helmstädt 1756. p. 39.

anderthalb Jahrhundert schon, also das ganze 17. Jahrhundert hindurch, jede grössere Stadt mindestens eine wöchentliche Zeitungsausgabe besorgte. Und so ist es denn leicht erklärlich, wie sich die Mitteilungen räumlich noch so entfernter Berichterstatter bis ins Detail decken können. Leider besteht dabei mit wenigen Ausnahmen der eine grosse Fehler, der überhaupt der früheren Zeit anhaftet, dass nie auf die ersten Quellen verwiesen wird. Seyfart[1]) macht in der Hinleitung zu seiner „Allgemeinen Geschichte der Erdbeben" wenigstens die ehrliche Bemerkung, dass er seine Aufzeichnungen nicht etwa einem ausgedehnten Briefwechsel verdanke, sondern dass er aus ungefähr dreissig französischen, italienischen und deutschen Wochenschriften Auszüge machte.

Mehr Anrecht auf Glaubwürdigkeit besitzen natürlich alle jene Nachrichten, die wissenschaftliche Institute oder gelehrte Zeitschriften von authentischen Persönlichkeiten einforderten, wie dies in erster Linie von den Philosophical Transactions der Royal Society zu London gelten kann. Der Mercure de France, das Journal Etranger, Journal Oeconomique, Journal de Physique u. a., sie alle haben mit grösster Gewissenhaftigkeit die Mitteilungen aufgenommen und verwertet.

Mit Rücksicht auf die Vielfältigkeit der Quellen glauben wir, nicht fehl zu gehen, wenn wir nun vor Beginn des historischen Teiles der Abhandlung, in der immer wieder auf die einschlägigen Quellen zurückgegriffen werden wird, dieselben anführen, wobei wir nicht versäumen werden, sie hinsichtlich ihres Wertes bezw. ihrer Selbständigkeit oder Abhängigkeit entsprechend in aller Kürze zu charakterisieren.

Mercure de France, Paris 1755 u. 1756.

In allen seinen Mitteilungen, die meistens schon Nov. und Dezember 1755 erfolgen, selbständig.

---

[1]) Seyfart, Allg. Geschichte der Erdbeben, Frankfurt und Leipzig 1756. Vorrede.

Philosophical Transaction of the Royal Society London Part I u. II. 1756 u. 1757.

Die einzelnen Nachrichten zwar erst 1756 und später abgedruckt, doch schon in den letzten Monaten 1755 in deren Besitz; fast durchwegs authentische Berichte von wissenschaftlichen Mitarbeitern der Gesellschaft.

Journal Etranger ou notice exacte et detaillée des ouvrages des toutes les nations étrangerès . . . . Par M. Fréron. Janv. 1756 à Paris 1756.

Berichterstatter bringt eine Masse von Einzelheiten, ohne irgendwie wissenschaftliche Bemerkungen beizufügen. Zum grössten Teile werden dessen Angaben durch andere und spätere Schriften bestätigt; doch gefällt er sich auch in Uebertreibungen. Die Nachrichten aus Cadix, wo er selbst das Erdbeben miterlebt, treffen zu. —

Krüger, D. Johann Gottlob: Gedanken von den Ursachen des Erdbebens nebst einer moralischen Betrachtung. Halle und Helmstädt 1756.

Eine äusserst dienliche Schrift, worin der Verfasser mit grossem Geschick es versteht, die Erdbebenerscheinungen als notwendige Folge unwandelbarer Naturgesetze vorzuführen.

Degli orrendi Tremuoti ne' mesi di novembre et dicembre dell' anno 1755, in Venezia 1756.

Die Angaben über Vorkommnisse in Italien und Frankreich entsprechen grösstenteils den Thatsachen; die Mitteilungen über andere Gebiete, insbesondere über Deutschland, sind recht oberflächlich gehalten, was vielfach schon durch die Benennungen der Ortsnamen ins Auge fällt.

Beschreibung des Erdbebens, welches die Hauptstadt Lissabon und viele andere Städte in Portugal und Spanien beschädigt hat. Danzig, 1756.

Gewissenhafte Zusammenstellung nach Zeitungsnotizen.

Hiebei gelegentlich angeführt: „Moralische Warnungspredigt in der Churbayrischen Grenzstadt Fridberg am 18/I 1756"; Vorgetragen von Fr. H. Dornn, Augsburg 1756.

Buss- und Bittrede, vorgestellt von P. Francisco Besnella; verlegt von Gast, Buchhändler in Stadtamhof 1756.

Diese Predigt wurde in der Dom-Stiftskirche zu Regensburg gehalten, um die Abwendung des Erdbebens und anderer Gefahren zu erflehen.

Journal Oeconomique, 1755 und 1756.

Sehr wertvolle Detailberichte über Lissabon und die Canarien.

Seyfart, Joh. Fried. Allgemeine Geschichte der Erdbeben; Frankfurt und Leipzig 1756.

Sehr wertvolle Zusammenstellung von Zeitungsauszügen. Daher auch manche Uebereinstimmung mit „Beschreibung Danzig".

J. H. R. . . Gesammelte Nachrichten von dem Erdbeben der Stadt Lissabon und anderer Orte. Frankfurt und Leipzig 1756.

J. H. R. Beschreibung der Haupt- und Residenzstadt Lissabon . . nebst einer Beschreibung des Erdbebens vom 1. November 1755 Frankfurt und Leipzig 1756.

Denso Joh. Daniel. Sendschreiben vom Erdbeben. Rostock und Wismar 1756 bei Berger u. Boedner.

Letztere drei Schriften enthalten zahlreiche Notizen, Schilderungen, Predigten und moralische Betrachtungen.

J. R. E. M. Angestellte Betrachtung über das am 1. Nov. 1755 stattgehabte Erdbeben . . . ; Augsburg 1756.

Eine Reihe von Einzelheiten in etwas oberflächlicher Zusammenstellung.

Relation historique du tremblement de terre, survenu a Lisbonne le 1. Nov. 1755.

à la Haye 1756.

Anonymer Verfasser zeigt vorzüglichen Einblick in alle Lissaboner Verhältnisse und tritt mit seinem oft harten Urteile frei heraus; seine Angaben über die Störungen sind sehr sachlich gehalten.

Bertrand M. E. Mémoires Historiques et Physiques sur les tremblements de terre.

à la Haye 1757.

Der Verfasser, erster Geistlicher an der französischen Kirche zu Bern, hat mit dieser Schrift einen vorzüglichen Beitrag zur Geschichte der Erdbebenforschung geliefert; sie kann namentlich mit Rücksicht auf die Erscheinungen in der Schweiz als beste Quelle gelten.

Pontoppidan Erich. Unvorgreifliche Bedenken über die Ursache der Erdbeben. Aus dem Dänischen übersetzt von Chr. Gottl. Mengel, Kopenhagen - Leipzig 1757.

Abgesehen davon, dass Verfasser über verschiedene geophysikalische Fragen auch nach dem damaligen Standpunkte nicht auf der Höhe steht, mangelt seinem Berichte die nötige klare Uebersicht; bisweilen recht abenteuerliche Vorfälle gibt er ohne jegliche kritische Würdigung wieder.

Supplement aux Reflexions sur les desastre de Lisbonne 1757.

Stützt sich in vielen Dingen, bisweilen wortwörtlich, auf den Mercure de France; im übrigen eine fleissige Zusammenstellung.

Unterrichter, Jesuitenpater in Innsbruck: De aestu lacus Lucii in Tyroli dialogus. Innsbruck. Juli 1761.

Wichtig für die Erscheinung im Hechtsee bei Kufstein.

Lehmann Joh. Gottl.: Physikalische Gedanken von den Ursachen der Erdbeben.

Die wenigen historischen Belege bereichern das Material für die Abhandlung nicht besonders.

Schwedische Abhandlungen. 18. Bd. Hamburg u. Leipzig 1757.
Darin ein Spezialbericht über die Erdbebenerscheinungen zu Cadix. —

Philosophical Transactions of the Royal Society. London 1760. Vol. 51. II.
Einzelne Nachschriften zum Bd. 49. Hier auch hingewiesen auf: The History and Philosophy of Earthquakes, ein Werk, [wie beigefügt ist] wohl der Durchsicht wert.
Dasselbe ist anonym; war nicht ausfindig zu machen.
Die Phil. Trans. selbst enthalten eine gediegene Abhandlung über Erdbeben.

Collection Académique. Liste chronologique des éruptions de volcans des tremblements de terre etc. bis 1760.
Dijon et Paris 1761.
Chronologische Aufzeichnung v. Erdbeben u. Vulkanausbrüchen.

Philosophical Transactions .... Vol. 52. I. u. II. Part. 1762/63.

Abhandlungen einer Privatgesellschaft in Böhmen. VI. Bd. Prag 1784.

Riegger V. Böhmisches Archiv II. Teil. Dresden 1793.
Die beiden ebengenannten Schriften bilden die besten Quellen für die Erscheinungen in Böhmen. Hier enthalten: „Josephi Steplingii meditatio de causa thermarum Teplicensium factae 1. Novembris anno 1755."

v. Hoff, Karl Ernst Adolf: Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Gotha 1824. II. Teil.
Es sind hier noch verschiedene wichtige Einzelheiten aufgenommen.

Schweigger, Journal für Physik und Chemie. 53. Bd. Jhrg. 1828.
Nachrichten über Vorfälle in der Rheingegend.

Kastner: Archiv für die Naturlehre. I. Bd. Nürnberg 1824.
Nachrichten aus Böhmen.

Revue encyclopédisque. Bd. 26, Paris 1825.
Brauchbare Quelle für Savoyen.

Die nachfolgenden Schriften haben nicht als Quellen zu gelten; diese führen wir nur aus dem Grunde an, weil deren Verfasser die Lissaboner Katastrophe zum Gegenstand besonderer Erörterung gemacht haben:

Kries: Von den Ursachen der Erdbeben, Leipzig 1827.
Hoffmann: Geschichte der Geognosie, Berlin 1838.
Kant Immanuel: Schriften zur physischen Geographie. Leipzig 1839. IV. Teil.

Boll E. Geognosie der deutschen Ostseeländer, Neubrandenburg 1846.
Naumann C. Fr. Lehrbuch der Geognosie, I. Bd. Leipzig 1850.
Boll E. Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Meklenburg. Neubrandenburg 1851.

Es erübrigte schliesslich noch, um den Stoff, wie er gesammelt ward, in seinem ganzen Umfange vorzuführen, jener Schriften und namentlich der verschiedenen Zeitungen zu gedenken, die nur ganz gelegentlich einen mit dem Lissaboner Leben verknüpften Vorfall verzeichnet haben, allein auf diese wird ohnehin in der Durchführung die Sprache kommen müssen.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehen wir zur eigentlichen Abhandlung über, für deren Durchführung eine Scheidung in einen historischen und kritischen Teil gewählt worden ist. Bei der Betrachtung des Stoffes vom historischen Gesichtspunkte aus erweist sich vor allem die Notwendigkeit, dem Affektionsgebiete als Ganzem einige Worte zu widmen, um so, wenn auch in grossen Umrissen, das Objekt zu fixieren. Am 1. Nov. 1755 ereignete sich ein Erdbeben von ungewöhnlicher Intensität, das, mit seinem Sitze bei Lissabon, den ganzen westeuropäischen Flügel, einen grossen Teil des nord-westlichen Afrika und selbst das ferne Gestade der neuen Welt durch seine Folgen in Mitleidenschaft zog. Wie bei allen Erdbeben, deren erste Entladung in unmittelbarer Nähe grösserer Wasserbecken erfolgt, haben wir auch bei diesem unsere Beobachtungen vornehmlich in doppelter Richtung zu machen, nämlich mit Rücksicht auf die Erderschütterung an sich und den dadurch bedingten Störungen des Festlandes, ferner hinsichtlich der Wasserbewegung d. h. der Erscheinung der sogenannten Erdbebenflutwellen. Will man durch approximative äusserste Grenzlinien das Schüttergebiet in seinem Umfange bezeichnen, so könnte dies durch folgende Ortsangaben erzielt werden: Kap Verden — Algerien — Ostalpen — Bottnischer Meerbusen -- Schottland — Kanadische Seen — Kl. Antillen — Kap Verden. Nun dürfen wir keineswegs annehmen, — damit wird allerdings einer späteren Ausführung vorgegriffen — dass bezeichnetes Gebiet der Schauplatz eines Erdbebens mit zentralem Charakter wäre, wo das Epizentrum nur eine stark exzentrische Lage besässe, sondern wir werden uns mit mehreren Einzelschütterbezirken zu befassen

haben, wofür die Begründung einer Auseinandersetzung im zweiten Teile der Abhandlung überlassen bleibt. Demgemäss gestaltet sich die Teilung des gesamten Gebietes, wie folgt:

I. Zentrales südwesteuropäisch — nordwestafrikanisches Gebiet mit einer inneren und äusseren Zone.
II. Südfranzösisches und alpines Gebiet nebst nördlichem und südlichem Vorlande.
III. Nordwesteuropäischer Bezirk. [Kanal, Nordsee- und Ostseebecken mit angrenzenden Ländern].
IV. Schütterbezirk des West-Atlantik. [nördlicher Teil].

Historischer Teil.

Vorerscheinungen.

Es ist für den denkenden Menschen kein Vorfall so geringfügig, dass er sich nicht mit dessen Kausalität befasste; freilich schliesst er in einem solchen Bestreben bisweilen über das Ziel hinaus, und das umsomehr, je grössere Bedeutung ein Ereignis für sich beanspruchen kann. So verwundert es denn nicht, wenn nach der schrecklichen Lissaboner Katastrophe ein eifriges Bemühen zu Tage trat, vorausgegangene Erscheinungen irgendwelcher Art, insbesonders meteorologische Phänomene, in einen ursächlichen Zusammenhang zu bringen. So ist wohl Seyfart zu weit gegangen, wenn er das Junibeben 1755 [1]) in Persien an den Anfang der ganzen weiteren westeuropäischen Erdbewegung setzt; die Erschütterung Roms am 2. Sept.[2]), die starken Vulkanausbrüche auf Island[3]) am 11. Sept. mit einer gleichzeitigen Beunruhigung Grönlands[4]) bieten ihm die gewünschte Fortsetzung der seismischen Störungen, die dann mit dem 1. Nov. ihre höchste Entfaltung erfuhren. Die Erdbebenerscheinung ist

---

[1]) Seyfart, Allg. Geschichte der Erdb. p. 139.
[2]) „ „ p. 140.
[3]) „ „ p. 141.
[4]) Coll. Acad. p. 633.

denn doch eine zu allgemeine, vergeht ja bekanntlich kein Tag ohne mehr oder minder heftige Erschütterung, als dass so willkürlich ein bestimmtes Beben an den Anfang der Bewegung gestellt werden könnte. Dagegen müssen jene ungewöhnlichen Vorkommnisse Berücksichtigung finden, die dem verhängnisvollen 1. November unmittelbar vorhergingen, indem für sie hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von dem Erdbeben selbst auf Grund moderner Forschungen eine Begründung beigebracht werden kann. Wenn wir aber die Vorerscheinungen trotzdem mit dem meteorologischen Phänomen eines „Blutregens" beginnen lassen, das sich Mitte Oktober in der Schweiz und in Frankreich ereignet, so geschieht das, weil mehrere Gelehrte der späteren Zeit, vor allem Kant[1]) als ein Anhänger der vulkanistischen Theorie, genannten Vorfall als willkommenes Material entsprechend verwerteten.

Zu Locarno[2]) in der Schweiz verdunkelte sich nämlich am Morgen des 14. Okt. 1755 nach heftigem, warmem Winde die Luft, indem ungewohnte Dämpfe aufstiegen; nach der Kondensierung während des Tages zu einem rötlichen Nebel lössten sich dieselben abends in eine Art „Blutregen" auf, einen beträchtlichen Niederschlag bildend, der sich bei näherer Untersuchung als rötliche, erdige Materie herausstellte.[3]) Ringsum auf den Bergen waren die Schneemassen blutrot gefärbt; auch von Piemont und Frankreich[4]) ist eine ähnliche Nachricht zu verzeichnen. Daran reihte sich ein lang anhaltender, heftiger Regen, wie er noch selten beobachtet wurde, so dass die Südschweiz und namentlich Oberitalien infolge der Ueberschwemmungen — der Lago Maggiore stieg um zehn Fuss[4]) — schwer zu leiden hatten. Die

---

1) Kant, Geschichte u. Naturbeschr. p. 233.
2) Seyfart, Allg. Geschichte d. Erdb. p. 253.
Coll. Acad. p. 629.
J. H. R. p. ²/₄; p. 92.
3) Bertrand, Memoires Hist. et Phys. . . . p. 147.
4) Coll. Acad. p. 629.

rötlichen Nebel, die sich am letzten Oktober lagerten, sowie die durch den massenhaften Regen verursachte Anschwellung des Guadiana, Minho und Douro[1]) gelten für Hoffmann[2]) als bedenkliche Vorzeichen. Einem Berichte des Fernando Lopez[3]) zufolge, der, frei von jeglichem Vorurteil, zu Madrid die kritische Zeit miterlebte, zeigte sich dort am 31. Okt. kurz nach Sonnenuntergang gegen Süden ein halbkreisförmiges Gebilde aus Wolkenteilchen, die wie die Speichen eines Rades in schöner, gleichmässiger Entfernung sich in einem Punkte vereinigten. Infolge der ungünstigen Stellung musste Lopez auf eine längere Beobachtung der Erscheinung verzichten, die er für einen jener Meteore hielt, wie ihn die Lateiner mit Areae oder Coronae bezeichneten. Zu Sevilla[4]) gewahrte man öfters am westlichen Horizont eine feurige Wolke, was jedesmal gegen eine halbe Stunde währte. Zu Lillo[5]) wie zu Daimiel[6]) in Spanien empfand man einen üblen, schwefeligen Geruch; zu Olias[7]) wurde durch eine solche Ausdünstung das Tageslicht verdunkelt.

Neben diesen atmosphärischen Unregelmässigkeiten wird das Kapitel der Vorerscheinungen noch durch auffällige terrestrische Begebenheiten bereichert. Mehreren verbürgten Quellen zufolge war acht Tage vor dem Erdbeben zu Cadix[8]) die Erde von noch nie gesehenen Insekten bedeckt, die erst mit auftretenden Erdbeben verschwanden; eine Beschreibung dieser Tierchen, welche Kant kurzweg mit Gewürm charakterisiert, bleibt einem späteren Teile vorbehalten. Ferner

---

1) Mercure de France 1755 T. I. p. 244.
. Supplement sur le désastre p. 12/13.
2) Hoffmann, p. 364.
3) Journal Etranger. April 1756. p. 140.
4) Coll. acad. p. 629.
5) „ „ p. 628.
6) „ „ p. 633. v. Hoff. IV. p. 436.
7) „ „ p. 628.
8) Ulloa, Schwed. Abhandlungen, p. 135.
Beschreibung des Erdbebens etc., p. 47.
Seyfart, Allg. Gesch. p. 176; Kant. p. 235.

wird überliefert, dass zu Herez[1]) die Haustiere zitterten, das Rindvieh die Köpfe in die Höhe hielt, und die Schweine sich ängstlich aneinander drückten. Aus manchen Brunnen zu[2]) Lebrija[3]) kamen Reptilien gekrochen, und in Carmona[4]) irrten Ratten in planloser Unruhe umher. Die vielen Schwindelanfälle bei Menschen, Herzbeklemmung, Reissen im ganzen Körper u. a., wie es zu Cadix und Gibraltar[5]) vorgefallen, wurden der Einwirkung des nahenden Erdbebens zugeschrieben. Schliesslich verdient noch erwähnt zu werden, dass zu Carmona[6]) und Madrid[7]) ein Versinken bezw. eine Trübung des Brunnenwassers konstatiert wurde. Auch zu Colares[8]) sollen mehrere Quellen vertrocknet sein, andere hingegen mehr Wasser ausgeworfen haben. Der Mitteilung, wonach in der Nacht zum 1. November zu Olias[8]) und Colares[9]) ein leichter Stoss verspürt worden wäre, ist, weil zu wenig verbürgt, keine Bedeutung beizumessen; wobei freilich nicht ausgeschlossen erscheint, dass Stösse leichtester Art sich wirklich fühlbar gemacht haben.

Erscheinungen am 1. November.

Erst der Allerheiligen-Tag 1755 darf an den Anfang jener bis dorthin noch ungekannt gewaltigen Erdbewegung gesetzt werden. Mit aller Wucht machten am Vormittage des 1. November drei Erdstösse den Anfang zu einer mehr als viermonatlichen Erdbebenperiode, dabei ein ausserordentlich grosses Areal in Mitleidenschaft ziehend. Nun sei an dieser Stelle gleich darauf hingewiesen, dass es nicht

---

1) Coll. Acad. p. 633; v. Hoff. IV. p. 436.
2) Coll. Acad. p. 629;
3) „ „ p. 629;
4) Schwedische Abhandl. p. 134; Kries, p. 38; Hoffmann, p. 382.
5) Coll. Acad. p. 629;
6) „ „ p. 629.
7) „ „ p. 628; v. Hoff., p. 426/27.
8) „ „ p. 628;
9) „ „ T. VI. p. 628.

Zweck dieser Arbeit ist, den Affektionsbezirk der gesammten Periode in den Bereich der Erörterung zu ziehen, sondern hier möge lediglich die Beantwortung der Frage Erledigung finden:

Wie und wo äusserten sich die Wirkungen der Erdbebenstösse am 1. Nov., durch welche die Hauptstadt Portugals nach mehr als zweihundertjähriger Pause wieder eine so entsetzliche Katastrophe erleben musste? Es erscheint diese Beschränkung schon aus dem einen Grunde angezeigt, weil bei Berücksichtigung aller späteren Erscheinungen die Uebersicht leiden könnte, abgesehen davon, dass unser Bestreben zunächst dahin geht, genau festzulegen, welch entsetzliche Kraft jenen wenigen Erdstössen am 1. Nov. innegewohnt hat. Bei dem zweiten, dem kritischen Teile dieser Abhandlung ist es allerdings unvermeidlich, auch das Beben in seiner Gesamterscheinung ins Auge zu fassen.

I. Zentrales südwesteuropäisch-nordwestafrikanisches Gebiet.

Wer sich mit dem Lissaboner Erdbeben litterarisch befasste, und deren waren nicht wenige, wendete natürlich der unglücklichen Hauptstadt besondere Aufmerksamkeit zu, nicht etwa deswegen nur, weil sie als Ort intensivster Erschütterung das Unglück am bittersten zu kosten hatte, als weil sich eben für genannte Stadt, den Konzentrationspunkt des damaligen Handels, ein ganz besonderes Interesse aller Handelsvölker und allgemeinste Teilnahme bekundete. In Anbetracht dessen würden wir aber auch gegen die Vollständigkeit zu verstossen glauben, wollten wir nur den Ruinen Lissabons, nicht auch dem Glanze und der Machtstellung dieses abendländischen Tyrus ein Kapitel widmen. Denn zweifellos würde über dieses Naturereignis nicht soviel Aufhebens gemacht worden sein, wie es ja thatsächlich der Fall war, wäre nicht die Handelsstadt Lissabon in den Mittelpunkt der Erscheinungen gerückt. Und so hat Lissabon durch seine Weltstellung, wir

möchte beinahe sagen, begrüssenswerte Propaganda für die Erdbebenforschung gemacht.

„Qui non ha visto Lisboa — non ha visto cosa boa!" so lautete ein altes portugiesisches Sprichwort. Man braucht nur auf das Zeitalter der Entdeckungen hinzuweisen, und man wird begreiflich finden, dass sich Lissabon zum Sammelplatz ausgesprochenen Reichtums erheben musste, aber auch im Gefolge damit eine Stätte ausgedehnten Luxus' wurde. Allein die Bewohner erwiesen sich ihrer Stellung als Machthaber über die reichen Einnahmequellen im Auslande, so besonders in Brasilien und Indien, nicht würdig. Ueppigkeit und Gleichgiltigkeit reichten sich die Hand; die Verwaltung der Stadt lag in schlechten Händen, dabei machte sich eine Herrschaft des Klerus geltend, die einem frischen Weiterblühen hindernd entgegen trat. Unzählige Millionen wanderten in Kirchen und Klöster, worin sich der unfähige König Johann V. ganz besonders hervorthat. Krüger[1]) betont mit Rücksicht darauf, Lissabon hätte noch im 18. Jahrhundert eine führende Stellung einnehmen, ein allmächtiges Reich beherrschen können. Doch, „ein Geist, der seine Kraft nicht frei ausdehnen und gebrauchen darf, wird nie wichtige Entdeckungen machen, in einem Lande, wo der Klerus in der Finsternis herrscht, und die Blinden leitet, wie er will, wo ein grosser Verstand und Zauberei einerlei ist." Der äussere Glanz Lissabons bestand ja noch, aber die glücklichen Besitzer von Lissaboner Reichtum, Pracht und Handelsvorteilen, das waren Fremde, voran die Engländer.[2]) Mit diesem

[1]) J. G. Krüger, Gedanken von den Ursachen etc. p. 56.

[2]) Von Schriften, welche sich mit der politischen, kommerciellen und kirchlichen Stellung Lissabons eingehender befassen, verdienen Erwähnung:

a) Relation Historique du trembl. . . . A la Haye 1756. Discours Politique sur les avantages que le Portugal paurrait retirer de son Malheur p. 1—181.

b) Supplement aux Reflexions sur le desastre de L. Beigefügte Bemerkungen p. V—VI; Lehnt sich übrigens an Rel. Hist. an.

Lissabon haben wir noch am Morgen des 1. November zu rechnen.

Blosse Erderschütterung.

Reinster, heiterer Himmel lachte noch am Vormittage des Festes Allerheiligen über der ahnungslosen Stadt, vom Schicksal einem grässlichen Verderben geweiht. Die Situation charakterisiert wohl ein Ausspruch des Königs Josef I. Emanuel, der zur verhängnisvollen Zeit glücklicherweise auf seinem Lustschlosse zu Belem weilte, zur Genüge der angesichts der Ruinen der stolzen Handelsstadt in einem Briefe[1]) klagt: „Ich habe keine Hauptstadt, keine Schätze, keine Unterthanen mehr.“ Und wenn Berichte an ausländische Höfe oder Handelsbureaux mit Bemerkungen wie: Des ruines de Lisbonne, Della terra, dove Lissabona fu,[2]) u. ähnl. einleiten, so ist von einer Uebertreibung wahrlich nicht die Rede. — Ueber den genauen Zeitpunkt des Eintritts der ersten Erschütterung gehen die einzelnen Berichte, wenn auch nicht wesentlich, auseinander; die grösste Wahrscheinlichkeit hat die Zeit von $9^h\ 35' - 9^h\ 45'$ für sich. Weit schlimmer verhält es sich jedoch mit den Nachrichten über die unmittelbaren Folgeerscheinungen, seien dies weitere Stösse, Wasserflut, Brand, Anzahl der zerstörten Gebäude, Verlust an Menschenleben u. dgl., indem sich hierin eine so geringe Uebereinstimmung bekundet, dass nur mit gewagten Kombinationen ein Gesamtbild zusammengestellt werden könnte. Ich glaube, darüber weggehen zu können, indem ich unten auf die einzelnen Detailberichte verweise. Als feste Thatsachen lassen sich lediglich folgende registrieren:

c) J. G. Krüger, Gedanken etc., Halle u. Helmstädt 1756. Moralische Betrachtungen p. . . 54—80.

d) J. H. R. Kurzverfasste Beschreibung der vortrefflichen . . . Hauptstadt Lissabon . . . Frankfurt und Leipzig 1756 p. 1—19.

¹) Beschreibung d. Erdb. . . Danzig 1756; p. 26.

²) Mercur de France. 1755. T. I. p. 244. J. H. R. p. 15.

„Das Erdbeben vollführte in drei Ansätzen, wovon der zweite am stärksten, sein grässliches Zerstörungswerk, ein Chaos von verwüstetem Mauerwerk schaffend; eine mächtige Wasserflut, die in etwa einer Stunde darauf sich über den Trümmerhaufen wälzte, erhöhte noch das allgemeine Unglück, das dann mit dem Ausbruche eines ungeheuren Brandes seinen Höhepunkt erreichte."

Man muss sich wirklich wundern, dass sich nicht auch die Angaben über begleitende Nebenumstände decken, wo bezügliche Mitteilungen doch von Lissabonern selbst oder von dort ansässigen, vertrauenswürdigen Personen fast unmittelbar nach der Katastrophe abgefasst wurden. Man würde ja begreiflich finden, wenn die Berichterstatter unter dem Eindrucke der furchtbaren Naturerscheinung in ihren Aussagen nicht so ganz bei der Sache blieben, allein es berührt sonderbar, wenn z. B. der eine von absoluter Windstille vor dem Beben spricht,[1] der andere den Tejofluss durch einen schrecklichen Wirbelsturm bis auf den Grund aufwühlen lässt.[2] Man ist wahrlich geneigt, die Berichterstatter, die doch nach den früheren Ausführungen bei der Quellenkritik Anspruch auf Glaubwürdigkeit machen dürfen, der Oberflächlichkeit wenn nicht des Leichtsinns zu zeihen, wenn man die Angaben über Eintritt und Dauer der drei Erdstösse vergleichend nebeneinander stellt: So tritt nach dem Journal étranger[3]) das Beben um 9 Uhr 45 Min. mit einem ganz schwachen Stoss ein, weniger durch die Erschütterung als durch das gleichzeitige dumpfe Rollen unter dem Boden wahrnehmbar; das hielt etwa 2 Minuten an; nach einer eben-

---

[1]) Suppl. aux Refl. sur le desastre . . . p. 4.
J. G. Krüger, Gedanken . . . p. 85.

[2]) Beschreibung . . . Danzig p. 16.
J. H. R. p. 10.

[3]) Journal étranger . . p. 235.

so langen Pause ward die Erde auf 10 Minuten einer entsetzlichen Erschütterung ausgesetzt, der sich wieder nach 2 Minuten ein grässlicher Stoss anreihte. Die vom Jour. Etr. abhängige Quelle „Supplement aux Reflex. sur le desastre“ . . .[1]) hält sich im grossen und ganzen in dessen Rahmen, nur beschränkt sie die Dauer des ersten Bebens auf 1 Minute mit darauffolgender Unterbrechung von 30—40 Sekunden. Ganz im Gegensatz dazu steht das Journal Oeconomique[2]) und, darauf offenbar fussend, Krüger,[3]) die das Erdbeben gleich mit einer überaus heftigen Bewegung, von 9 Uhr 35 Min. — 9 Uhr 47 Min. dauernd, eintreten lassen; der zweite Stoss erfolgte dann kurz nach 10 Uhr, der dritte erst 11½ Uhr. Wolfall berichtet den Philosophical Transactions,[4]) dass das Beben um 9 Uhr 40 Min. mit einem ausserordentlich kräftigen Stoss eröffnet wurde, von nur 6 Sekunden Dauer, worauf die ganze Stadt in Trümmer sank. Die Relation historique[5]) überliefert, dass die Katastrophe um 9 Uhr 20 Min. mit einem entsetzlichen Stosse und unter fürchterlichem Geräusche ihren Anfang nahm; einen Moment später, und die ganze Stadt bildete einen Trümmerhaufen. Der Verfasser der Beschreibung . . . . Danzig 1756[6]) verlegt den Beginn auf 10 Uhr und lässt die Erschütterung in 10 Minuten beendet sein; ähnlich der Bericht von J. H R.[7]). Ja der Bericht in Neumayrs Erdgeschichte[8]) weiss nur von 2 Stössen, wovon der zweite erst nachmittags 3 Uhr eingetreten wäre.

Denselben Widersprüchen begegnen wir, sobald wir die Mitteilungen über den ausgebrochenen grossen Brand

---

[1]) Suppl. desastre . . p. 5.
[2]) Journal Oeconomique. Okt. 1755.
[3]) Krüger, Ged. Halle 1756 p. 85 ff.
[4]) Phil. Trans. Vol. 49 p. 403/404.
[5]) Rel. Hist. 1756 p. 183.
[6]) Beschreibung.-Danzig 1756 p. 16.
[7]) J. H. R. p. 11|12.
[8]) Neumayr, Erdgesch. I. p. 271.

einem Vergleiche unterziehen. Davon soll noch weniger die Rede sein, dass die Quellen betreff der Entstehungsursache divergieren, indem nämlich die einen das Feuer auf die brennenden Herde, andere auf böswillige Brandlegung durch entsprungene Verbrecher zurückführen; doch die Angaben über die Entstehungszeit weichen von einander in unglaublicher Weise ab: So wird z. B. in Supplement aux Refl. . . .[1]) bemerkt, es hätten sich die bestürzten Bewohner wohl mit dem Löschen des Brandes befasst, wenn sie nicht durch die plötzlich daherbrausende Wasserflut noch ganz ausser Fassung gebracht worden wären; demnach ist der Ausbruch des Feuers in die Zeit unmittelbar nach den Stössen zu verlegen; das geschieht indessen vom Jour. Oecon.[2]) auf 1 Uhr mittags; nach Krüger[3]) entstand aber das Feuer erst um 4 Uhr nachmittags, nach dem Briefe in Neumayrs Erdg.[4]) gar erst nachts 11 Uhr.

Wollten wir unsere vergleichenden Betrachtungen noch auf weitere Einzelheiten ausdehnen, ein gleich verworrenes Bild würde sich uns bieten. Wenn die Nachrichten über ruinierte Schiffe differieren, so lässt sich das wohl damit entschuldigen, dass sich der einzelne Beobachter doch in Anbetracht der massenhaften einheimischen und fremden Schiffe nur schwer einen Ueberblick verschaffen konnte. Das Gleiche gilt hinsichtlich der Angaben über zerstörte Häuser und die Zahl der ums Leben gekommenen Menschen. Es war das schon deswegen eine äusserst schwierige Sache, weil sich die Lissaboner ja gar nicht bewusst waren, wie gross ihre Stadt war, wie viele Menschen diese ernährte. Man fand sich in angeborenem Machtdünkel wohl, stets mit hohen Zahlen umeinander zu werfen. Nur so erklärt sich's, dass die Zahl der zerstörten Gebäude zwischen 3500—25000

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . . p. 6.
[2]) Jour. Oeconom. . . . p. 188-91.
[3]) Krüger . . . p. 90, 106, 152.
[4]) Neumayr, Erdg. I. p. 271.

schwankt, und die Totenliste zwischen 25—150 Tausend Menschen variiert. Und amtlicherseits konnte man auch keinen genügenden Aufschluss erwarten, dazu war die Misswirtschaft zu gross. Es würde zu weit führen, auf diese Verhältnisse einzugehen; ich verweise hiefür auf die treffliche Abhandlung in „Relation historique du tremblement de terre, survenu à Lisbonne 1. Nov. 1755; A la Haye 1756. p. 189—216."

Sollen wir uns auf Grund der Durchsicht sämtlicher Berichte für das Wahrscheinliche in den einzelnen Fällen entscheiden, so müssen wir an Folgendem festhalten:

„Nach einem herrlichen Novembermorgen wehte über die Gegend Lissabons ein heftiger Wind, dem aber keineswegs die auftretende Beunruhigung des Wassers zugeschrieben werden darf. Ungefähr um 9^h 40′ setzte das Erdbeben mit einem ziemlich schwachen Stosse ein, immerhin aber stark genug, die ganze Bevölkerung in Aufregung zu versetzen; ihm folgten zwei sehr starke Erschütterungen in ziemlich geringen Zeiträumen, so dass das Beben selbst in kaum mehr als einer halben Stunde abgeschlossen war. Wasserflut und Brand sind zeitlich kaum auseinander zu halten, doch schliessen sie sich rasch an die Erderschütterungen an. Die Zahl der gänzlich zerstörten Häuser, die zumeist auf die niederen Stadtviertel, so besonders auf die

---

Abhandlungen, welche die Zerstörung Lissabons eingehender behandeln:

Philosophical Transactions Vol. 49. p. 402—413;
Bericht von Wolfall.

Journal Oeconomique. Okt. 1755. p 188—191.
Bericht des Korresp. des J. Oe. Abbé de Garnier.

Supplement aux Reflexions sur le desastre de Lisbonne; p. 4—9.

Journal Etranger, Janv. 1756; à Paris 1756. Lettre du Corresp. Espagnol . . . . p 209—211.

„Ville des Maures", fallen, beläuft sich auf etwa 4000, die der umgekommenen Menschen auf 30000. Schiffe sind verhältnismässig wenige verloren gegangen."

Diese meist betroffene Unglücksstätte verlassen wir hiemit und halten in den nächstliegenden Provinzen Portugals und Spaniens Umschau nach den Wirkungen der Erdstösse, vorläufig, wie schon früher betont, uns nur mit den Folgen der blossen Erschütterung befassend. Besonders hart wurde der südliche Teil Estremaduras mitgenommen,[1]) Algarve zum grössten Teil, Andalusien, ferner Nordwestafrika. Ja, einem Berichte der Phil. Trans.[2]) zufolge wären die Erschütterungen in den Gebirgen weit heftiger gewesen als

[1]) Phil. Trans. Vol. 49; p. 410;
[2]) Phil. Trans. Vol. 51. p. 622.
Hierbei ist hingewiesen auf: History and Philosophy of Earthquakes; (anonym) p. 317; war nicht erhältlich.

Journal Etranger, Dez. 1755; Paris 1755.
Lettre du Corresp. du Jour. Etr. à Lisbonne, écrite à M. d. Courcelle . . . p. 235—238.

Relation historique du tremblement de terre survenu à Lisbonne; p. 181—216.

J. H. R. Kurzgefasste Beschreibung des Erdbebens zu Lissabon; p. 10—34.

J. A. E. M. Angestellte Betrachtungen . . . p. 28—31.

Seyfart, Allg. Geschichte der Erdbeben; Frankfurt und Leipzig 1756; p. 145—170.

Beschreibung des Erdbebens, welches Lissabon . . . . Danzig 1756; I. Stück; p. 15.—24.

Degli orrendi tremuoti, ne' mesi nov. et dic. 1755. Venezia 1756. p. 9—23.

Krüger, Gedanken v. d. Ursachen etc. Halle 1756.
Kurze Nachricht von dem Erdbeben zu L. p. 39—80.

J. H. R. obengenannter Schrift beigebunden:
a) Eine französische Nachricht aus Paris p. 10—13.
b) Schreiben des französ. Gesandten am portug. Hofe de Baschi d'Aubigné; p. 14.
c) Brief des Königs v. Portugal an d. Königin v. Spanien; p. 16.
d) Privatbrief aus Madrid am 10. Nov.; p. 16.
e) Nachricht eines Hamburger Handelshauses zu Lissabon nach Hamburg; p. 20—23.

in der Stadt selbst, was keineswegs ausgeschlossen erscheint, doch in Anbetracht der schwachen Beweise nicht aufrecht erhalten werden kann. Mehrere Quellen decken sich aber in der Angabe, dass die Gebirge von Arabida, Estrella, Cintra, Marwan und Junio eine heftige Erschütterung verspürten.[1]) Die Städte dortiger Gegend haben natürlich mehr oder weniger Schaden genommen.[2]) So besonders Villa Nova de Portimão,[3]) Taveira,[4]) Castromarino,[5]) Lagos,[6]) Beja,[7]) Elvas,[8]) Portalegre,[9])

---

[1]) J. H. R. II. St. p. 16; und J. A. E. M. p. 24/25. Hoffmann p. 435; Suppl. sur Refl. p. 13;
[2]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 23/24 und obengenannte;
[3]) Seyfart p. 171;
[4]) Suppl. aux. Refl. . . p. 13;
[5]) Suppl. aux Refl. . . . . p. 11; und Seyfart p. 171;
[6]) Seyfart p. 171;
[7]) Supp. aux Refl. p. 13; Seyfart . . p. 172;
[8]) Suppl. aux Refl. p. 13; Seyfart . . p. 172;
[9]) Seyfart . . p. 172;

---

f) Eine englische Nachricht; p. 28—31.
g) Nachricht aus Lissabon nach Hamburg; p. 23-36.
h) Holländische Nachricht an die kgl. Familie; p. 31.

Schriften moralisierender Art:

Krüger; obengenannte Schrift:

a) Moralische Betrachtung über das Erdbeben zu Lissabon; p. 39—80;
b) Betrachtung über den Anblick der Verunglückten und Erschlagenen; p. 131—148.

Krüger: c) Ueber die Unbegreiflichkeit Gottes; p. 148—187;
d) Ueber den Nutzen, welchen das Erdbeben der Wissenschaft bringt;
e) Ueber die an den Verunglückten bewiesene Barmherzigkeit.

J. H. R. obenbez. Schrift:

a) Nachricht vom liebreichen Beistande, womit man Lissabon . . . p. 35—39;
b) Geistliche Betrachtung; p. 53—80;
c) J. D. Denso, Sendschreiben vom Erdbeben; Rostock und Wismar 1756; p. 1—44;
d) Zwei Predigten, anlässlich des Erdbebens gehalten v. G. Hemessen; p. 1—48.

Cascaes,[1] Cintra, Santarem,[2] Coimbra,[3] Castello Branco,[4] Lamego,[5] Oporto,[6] Viana,[6] Braga,[7] Guimarães,[8] Villareal,[9] Braganza,[10] Pinkel,[11] Setubal.

Von Colares,[12] einem westlich von Lissabon, doch nicht ganz am Meere gelegenen Städtchen wissen gleichzeitige Beobachter zu berichten, dass die Stösse ganz deutlich als von Lissabon herrührend verspürt wurden, ohne dass zuvor irgend welche Kunde von dem schweren Unglücke angelangt wäre. Ueber die Stadt Oporto,[13] an der Mündung des Douro, steht uns ein Spezialbericht zur Verfügung, der allerdings mit einer Angabe Hoffmanns[14] kontrastiert.

---

1) Suppl. aux Refl. p. 10; Mercur de France 1755.I . p. 244 Seyfart p. 170; Coll. acad. p. 629.
2) Suppl. aux Refl. p. 11; und Seyfart . . p. 170.
3) J. H. R. p. 42; und Seyfart . . p. 172; Suppl. 11;
4) Seyfart p. 172;
5) Suppl. aux Refl. p. 11; Seyf. p. 172;
6) Degli orr. Trem. p. 23; Seyfart p. 172;
7) Seyf. p. 172;
8) Seyf. p. 172;
9) Suppl. aux Refl. p. 11;
10) Suppl. aux Refl. p. 11; Seyf. 172.
11) Seyf. p. 172.
12) Phil. Trans 49 p. 414; Hoffmann p. 319.
13) Phil. Trans. Vol. 49. p. 418—423; J. H. R. . . p. 41; Suppl. aux Refl. . . p. 11; Seyfart p. 172.
14) Hoffmann, Geschichte der Geognosie . . . p. 427;

Originalschreiben eines Vornehmen vom Adel am 18. Nov. 1755 an R. P. Vicarium Ord. Min. S. Francisci in Augsburg; Maxim. Pingitzer.

Extract eines Schreibens von einem P. Carmeliter aus Lissabon an seine Obrigkeit; 18. Nov. 1755. München, Joh. Jak. Vötter 1756.

Zufällige Gedanken über den unglücklichen Untergang Lissabons, von J. B. R. München, bei Joh. Jak. Vötter.

Ferner: Neumayr, I p. 271—73; Seyfart, p. 145.

Demgemäss empfand man dort vor 10 Uhr morgens ein fürchterliches Erdbeben, dessen Dauer auf 5—8 Minuten angegeben wird. Die Bevölkerung war höchst bestürzt, Häuser und Kirchen entleerten sich; doch stürzten nur einige Piedestale in letzteren zusammen. Weit schlimmer scheint die am jenseitigen Ufer gelegene Stadt Villa Nova de Gaya[1]) weggekommen zu sein, während die Meldungen aus der nordöstlich davon gelegenen Stadt Braga[2]) etwas günstiger lauten. Südlich von der Hauptstadt machten sich die Folgen der Erschütterung in schrecklicher Weise zu Setubal oder St. Yves[3]) an der weit einschneidenden Mündungsbucht des Sado geltend. Die etwa 2 Minuten anhaltende Erschütterung soll $^2/_3$ der Stadt in einen Trümmerhaufen verwandelt haben, ihr auch der festgebaute Hafen zum Opfer gefallen sein; abends machte dann noch ein grosser Brand das Unglück voll. Die bezüglichen Berichte gehen zumeist auf ein Schreiben des holländischen Schiffskapitäns Pynappel[4]) zurück. Nach San Lucar[5]) an der Mündung des Quadalquivir, und dem Hafenorte[6]) Conil, wo mehrere Häuser zusammenstürzten, war es besonders die wichtige Handelsstadt Cadix,[7]) die den Verheerungen des Erdbebens ausgesetzt war. Dem Berichte Ulloas zufolge wurde die Erscheinung um $9^h 53'$ durch leises Erzittern des Bodens eingeleitet, um gleich darauf für $1^1/_2$ Minuten ganz erschreck-

[1]) Phil. Trans. Vol. 49; p. 421;
[2]) Degli orrendi Trem. . . p. 25/26; Seyfart . . . p. 173; Suppl. aux Refl. p. 11; J. H. R. . . p. 42.
[3]) Seyfart . . p. 170; Phil. Trans. . . Vol. 49. p. 407; Coll. acad. . . p. 629; J. H. R. . . p. 42; p. 15; Degli orrendi Trem . . p. 24/25; Hoffmann . . p. 427;
[4]) Seyfart p. 170;
[5]) J. H. R. . . p. 40;
[6]) Seyfart . . p. 174;
[7]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 424—428; Ulloa p. 427—428; Schwed. Abh. . . . . p. 130—136; Mercur de France 1755 p. 242/43 und daraus Suppl. aux. Refl. . . p. 15; Journal Etr. . . p. 210. Seyfart . . p. 175; Hoffmann . . p. 432;

liche Dimensionen anzunehmen, so dass man jeden Augenblick den Einsturz der Häuser befürchtete; in der Domkirche fielen die grossen Leuchter vom Altare. Nach den Angaben in Suppl. aux Reflexions .. wäre das Beben um 10 Uhr eingetreten, um erst nach 6—7 Minuten wieder nachzulassen. Betreff des lediglich durch den Erdstoss verursachten Schadens decken sich im allgemeinen die Berichte. Gleiches Schicksal widerfuhr Xerez,[1]) wo das Beben, um 10^h 10' beginnend, etwa zwei Minuten gedauert haben soll. Zu St. Roque[2]) rissen die Gewölbe der Kirchen auseinander, ferner kamen zu Algeziras[3]) und Estepona[4]) Beschädigungen an Mauerwerk vor. Zu Gibraltar[5]) riefen heftige Erschütterungen allenthalben grossen Schrecken hervor, doch ging es hier wie in Malaga[6]) gnädig ab.

Unvergleichlich härteres Los traf verschiedene Städte des Binnenlandes, so namentlich Sevilla;[7]) Kirchen und sonstige Gebäude waren 10 Minuten lang in beständiger Bewegung; der Turm der Patroziniumskirche erlitt starke Beschädigungen; in einer anderen Kirche stürzte das Deckengewölbe ein, zu St. Lorenz fiel eine Glocke auf den Chor, der berühmte Turm von Giralda soll geborsten, überhaupt kaum ein Gebäude ohne Risse und Sprünge geblieben sein, so dass die Häuser massenweise geräumt werden mussten. Der Turm der Jesuitenkirche St. François und der Kathedrale schwankten während des Bebens wie ein vom Winde bewegtes Schilfrohr. Unter

---

[1]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 425/28; Hoffmann . . . p. 435;
[2]) Seyfart . . . p. 179.
[3]) Seyfart . . p. 179;
[4]) Seyfart . . . p. 180; ganz dasselbe: Degli orr. Trem. p. 29;
[5]) Degli orr. Tremuoti . . . p. 29;
Seyfart . . . p. 178; J. H. R. . . p. 43, 45; Coll. acad. T. 6. p. 631; Hoffmann . . . p. 432;
[6]) Seyfart . . . p. 177; J. H. R. . . p. 41; Hoffmann p. 402; Suppl. aux Refl. . . p. 21;
[7]) Suppl. aux Refl. . . p. 15; Seyf. . . p. 181;

dem Eindrucke einer so schrecklichen Naturgewalt konnte man denn die Bevölkerung sehen, wie sie bis in die tiefe Nacht hinein durch fortgesetzte Gottesdienste, feierliche Prozessionen den Zorn Gottes abzuwenden suchte.[1] Ueber mehrere kleinere Orte lauten die Berichte zwar sehr verschieden, immerhin verdienen sie, erwähnt zu werden: So hätten Niebla[2] und Huelva[3] ausgiebigen Häusereinsturz zu verzeichnen, auch in Moguer,[4] Carmona,[5] Medina[6] [sehr wahrscheinlich M. Sidonia gemeint], Vejer de la Frontera[7] wäre das Beben ziemlich fühlbar aufgetreten. Als beunruhigte Küstenorte, die, wie wir später hören werden, ernstlich nur durch die Flutwelle des Meeres zu leiden hatten, sind noch zu erwähnen Ayamonte,[8] Faro,[8] Tavira,[8] Albuféira,[9] Chipiona,[10] Rota[11] und Tarifa.[12]

Um der späteren Einteilung des seismischen Bezirkes nach kritischem Gesichtspunkte schon in diesem statistischen Teile etwas vorzuarbeiten, wird nun die Aufzählung jener affizierten Punkte erfolgen, die in die Zone grösserer radialer Entfernung vom Haupterregungspunkte fallen, wobei wir vom nordwestlichen Spanien aus über die östlichen Gebiete der pyrenäischen Halbinsel hin auf das nordwestliche Afrika unsere Beobachtungen ausdehnen werden: An der fjord-

---

[1]) Journ. Etr. Janv. 1756. p. 216;
J. H. R. . . p. 39/40; J. A. E. M. . . p. 32;
[2]) Journal Etr. p. 213; Coll. acad. p. 630; Hoffm. p. 435;
[3]) wie 2;
[4]) Coll. acad. . . p. 630/31; Hoffmann p. . . 435;
[5]) Coll. acad. . . p 630/31; Hoffmann p. . . 435;
[6]) Coll. acad. . . p. 630/31.
[7]) Coll. acad. . . p. 630/31;.
[8]) Coll acad. . . p. 630/31.
Jour. Etranger . . . p. 213;
Hoffmann . . . p. 435.
[9]) Journal Etr. . . p. 213; Hoffmann . . . p. 435;
[10]) J. H. R. . . p. 42;
[11]) Coll. acad. . . . p. 630/31; Hoffmann . . . p. 435;
[12]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 26;

artigen Nordwestküste war es vor allem Coruña,[1]) der bedeutende Seeplatz, der fünf Minuten lang ziemlich heftig erschüttert wurde, ohne dass jedoch ein Umsturz von Häusern erfolgt wäre. Weniger stark wurde das benachbarte Santiago de Compostella[2]) betroffen; auch in Bilbao, also am Biskayischen Meerbusen, war das Beben noch bemerkbar. Ferner ist, mehr in das Binnenland gerückt, die altkastilische Hauptstadt Valladolid[3]) zu erwähnen, wo das Beben ohne Schaden verlief; dann das unweit entfernte Salamanca[4]) und Segovia.[4]) Nicht sonderlich beschädigt, immerhin aber ernstlich gefährdet war die spanische Hauptstadt Madrid,[5]) worüber mehrere zuverlässige Berichte zur Verfügung stehen: Hinsichtlich des ersten Auftretens der Erdbebenerschütterung stimmen die Quellen allerdings auch hier nicht überein, man wird aber mit der Zeit 10^h 15^m der Thatsache am nächsten kommen. Das Beben, in dessen Verlaufe einzelne Stösse besonders stark zum Ausdruck kamen, dauerte gegen 8 Minuten; die Bestürzung unter den Einwohnern war eine ausserordentliche, der Schaden jedoch mässig; zwei Kinder büssten das Leben ein, indem sie durch das vom Portal der Kirche „de bon succès" herabgefallene Kreuz erschlagen wurden. Der obere Teil des Portals der Pfarrkirche von St. Luis wurde gespaltet, die Andreaskirche

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 21; Coll. acad. . . p. 631; Degli orrendi Trem . . . p. 28; Hoffmann . . p. 435;
[2]) Suppl. aux Refl. . . p. 21;
[3]) Degli orr. Trem. . . 26; J. H. R. . . p. 40; Mercur de France, 1756, p. 242; J. A. E. M. . . p. 25;
[4]) Degli orr. Trem. . . p. 27; Seyfart . . . p. 174.
[5]) Mercur de France (1755), p. 242; Degli orr. Trem. . p. 26;
[6]) Mercur de France 1755, p. 241; Jour. Etranger . . . . Avril 1756; p. 142;
[7]) Suppl. aux Refl. . . p. 13/14; Degli orr. Tremuoti . . . p. 26; Phil. Trans. Vol. 49. p. 423; J. H. R. . . p. 39; Coll. acad. . . p. 631; Hoffm. . . . p. 398–402; Seyfart . . . p. 174; Kant. . . p. 236;

erhielt mehrere Risse in den Mauern. Einen berechtigten Schluss auf die Stärke der Erdstösse in dieser Gegend gestatten auch die Zustände im nordwestlich gelegenen Escorial,[1]) wo zur kritischen Zeit der gesamte königliche Hof weilte. Es drohte der ganze Palast einzustürzen, so dass die königliche Familie in höchster Angst sich eiligst ins Freie rettete und dort unter einem Zelte kampierte; gegen Abend traf der König in Madrid ein. In Toledo ging die Erschütterung ohne schädliche Folgen ab. Aus Catalonien liegt nur über Saragossa[2]) eine Meldung vor. Dagegen verlautet mehr über die Küstenstädte Valencia,[3]) Cartagena[4]) und Malaga[4]) wo das Beben zwar ungefährlich auftrat, aber doch grossen Schrecken verursachte. In den mehr nördlich gelegenen Gebieten waren die Wirkungen der Erschütterung schon bedeutender, indem in Granada[5]) die Kirchen, namentlich die Kathedrale, stark mitgenommen wurden; Menschenverluste waren auch hier nicht zu beklagen. Ueber die Erdbebenerscheinung zu Cordova[6]) verzeichnet das Journal Etranger einen genauen Bericht. Demzufolge wurden um 9^h $50'$ sämtliche Gebäude der Stadt durch einen Stoss von etwa 5 Minuten Dauer erschüttert; ein zweiter, viel kürzerer Stoss folgte nach. Unter den zahlreichen Kirchen wurde namentlich die Kathedrale, ein prächtiges maurisches Bauwerk, arg beschädigt; verletzt wurde jedoch nur ein Kind durch ein herabfallendes Bildnis. Hier wird auch von dem heroischen Benehmen des Pfarrers

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 14; Phil. trans. Vol. 49. p. 424;
[2]) Degli orrendi Trem. . . p. 26/27; Seyfart . . p. 174; J. H. R. . . . p. 40; J. A. E. M. . . p. 25;
[3]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 27.
[4]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 29;
[5]) Suppl. aux Refl. . . p. 21. Journ. Etr. p. 213; Seyfart p. 174; Degli orr. Trem. . . p. 26/27; Hoffmann p. 435;
[6]) Jour. Etr. . . Janv. 1756 p. 214; Coll. acad. . . p. 631; Suppl. aux Refl. . . p. 20; Hoffm. . . p. 435; Seyf. . . . p. 174.

der Kathedrale berichtet, der allein standhaft in der Kirche am Altare blieb, während die Masse in wilder Verzweiflung den Ausgängen zuströmte. Bujalance[1]) muss sehr stark gelitten haben, in Alcala la Real[2]) wurde die Kirche teilweise zerstört, ebenso in Malacena?[3]). Villafranca[4]) (wahrscheinlich V. de Cordova) erlitt ähnliches Schicksal.

Jenseits des Senkungsfeldes, das sich als westlicher Teil des mittelländischen Meeres zwischen Spanien und Nordafrika legt, waren die Wirkungen des Erdbebens in Anbetracht der Entfernung ganz ausserordentliche. Man wird zwar nicht fehl gehen, in die volle Glaubwürdigkeit der einschlägigen Quellen bisweilen Zweifel zu setzen, da manche Berichte einen mitunter geradezu abenteuerlichen Anstrich besitzen, jedoch besteht deswegen kein Grund, den Mitteilungen, wie wir sie etwa den Philosophical Transactions als der besten Quelle für die damaligen Erdbebenerscheinungen in Afrika entnehmen können, nicht wenigstens in der Hauptsache Glauben zu schenken. Um 10 Uhr ungefähr machte sich das Beben zu Tetuan[5]) fühlbar, wo aber trotz der deutlich wahrnehmbaren drei Erdstösse kein arges Unheil angerichtet wurde, nur dass einzelne schlecht gebaute Häuser einstürzten. Weit schlimmer erging es wohl Tanger[6]), wo übrigens die Erscheinung auch länger als zu Tetuan anhielt; Kirchen und Klöster erlitten starke Beschädigungen. Den Mitteilungen von J. H. R. zufolge hat das Beben in ganz Algerien[7]) unglückliche Spuren hinter-

---

[1]) Jour. Etr. . . Janv. 1756, p. 215;
Suppl. aux Refl. . . p. 20; Hoffm. . . p. 435;

[2]) Journal Etranger Janv. 1756. p. 214;
Suppl. aux Refl. . . p. 21; Coll. acad . . p. 631;

[3]) Coll. acad . . p. 631;
Seyfart . . p. 250.

[4]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 428; Seyfart . . p. 218;
Hofmann . . . p. 432;

[5]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 429; Seyfart . . p. 218;
Degli orr. Trem. . . p. 37; Hoffm. . . p. 432;

[6]) J. H. R. . . p. 42;

lassen. Während eben bezeichnete Quelle für die Küstenstadt Oran[1]) nur eine leichte Erschütterung konstatiert, setzt sich Seyfart dazu in scharfen Gegensatz. Ihm zufolge wäre dem Beben eine seltsame Erscheinung am Himmel unmittelbar vorausgegangen: Die Wolken präsentierten sich als ein riesiges Flammenmeer, das sich mit dem Eintreten der heftigen Stösse unter furchtbarem Geräusche teilte; ein Blitzstrahl fuhr zur Erde und traf den Glockenturm der Franziskanerkirche, von dem die Spitze heruntergeworfen wurde. Die Zeit des Bebens, das ausser der allgemeinen Erschütterung sonst keinen nennenswerten Schaden anrichtete, ist auf 10^h 15' angegeben. Algier[2]) muss sehr stark mitgenommen worden sein, wenn man dem Berichte J. A. E. M. Glauben schenken will; mit sichtlicher Befriedigung bringt er die Notiz, dass dieses „Raubnest" schwer gelitten; Häuser stürzten ein, zahlreiche Menschen verloren dabei das Leben.

Zu Asila[3]) südlich von Tanger an der Küste gelegen, ist kein sonderlicher Schaden entstanden, dagegen stürzten zu Saleh,[4]) wo die Erschütterung sehr heftig war, viele Häuser ein. Landeinwärts im marokkanischen Reiche wurde namentlich die Hauptstadt Fez[5]) schwer getroffen; gar manche Häuser sanken in Trümmer und viele Einwohner verloren dabei ihr Leben. Gleiches hatte die Nachbarstadt Meknesa[6]) (Mequinez) durchzumachen, wo sich die Franziskanermönche nur mit Mühe aus ihrem zusammenstürzenden Kloster retten konnten. Safi[7]) am Meere, westlich von

[1]) J. H. R. . . p. 41; Seyfart p. 35; Seyfart p. 215;
[2]) J. A. E. M. . . p. 25 26;
J. H. R. . . p. 41; Seyfart . . . p. 214.
[3]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 429;
[4]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 430; Seyfart . . p. 218;
Hoffmann . . . p. 432.
[5]) wie 2) und J. H. R. . . p. 44;
[6]) Phil. Trans. p. 430; Seyf. p. 216; J. A. E. M. . p. 25;
[7]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 430; Seyfart . . p. 217;
Hoffmann . . . p. 432;

Marokko,[1]) wurde erheblich erschüttert; in letzterer Stadt töteten die einfallenden Häuser eine ziemliche Anzahl Menschen.

Während bei späteren Zusammenstellungen von einer Seite[2]) das Areal des Bebens südwärts nur bis Mogador angegeben wird, spricht Hoffmann[3]) davon, dass die Erschütterung auf den Azoren genau als von Norden kommend empfunden wurde; ja an einer dritten Stelle[4]) wird sogar behauptet, die Kapverden seien heftig erschüttert worden, und gegen Osten lassen sich die Spuren bis nach Kairo verfolgen. Zuverlässigeres Material besitzen wir über Madeira:[5]) Um 1/210 Uhr empfand man zu Funchal, der Haupt- und Hafenstadt an der südlichen Küste der Insel, die erste Beunruhigung des Bodens, die sich durch ruhiges Schwingen des Erdreichs erkennbar machte; ein kräftiger Stoss, der bald folgte, hielt eine Minute an, die Thüren krachten in allen Fugen. Das ostwärts gelegene Dorf Mahico an gleichnamiger Bucht und der nahe Flecken Porta da Cruz[6]) wurden erheblich beschädigt; viele Einwohner sollen umgekommen sein. Die Richtung der Stösse war ost-westlich. — Auf den Canarien wurde die Erschütterung vornehmlich auf der Insel Tenerife[7]) verspürt.

b) Sekundäre Erscheinungen: Spaltenbildung, Bodensenkung, Bodenhebung, Quellenstörung, Beunruhigung von Binnengewässern.

Wurde bisher lediglich auf die durch die Erdstösse er-

[1]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 431; Seyf. . . p. 216; Hoffmann . . p. 433;
[2]) Neumayr's Erdgesch., 1. T., p. 277;
[3]) Hoffmann . . . p. 319;
[4]) Zimmermann, Wunder d. Urwelt, p. 548.
[5]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 432; Seyfart . . p. 185; Degli orr. Trem. . . p. 38; Hoffmann . . p. 434;
[6]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 435;
[7]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 38; Seyf. . . p. 215;

zeugten Erschütterungen Bedacht genommen, so sollen in folgendem Kapitel deren sekundäre Erscheinungen, wie sie gewöhnlich als Spaltenbildung, Bodensenkung und Hebung, als Quellenstörungen und schliesslich als Beunruhigung fliessender wie stehender Binnengewässer im Gefolge sind, eine geeignete Zusammenstellung erfahren.

Man ist geneigt, angegebene Begleiterscheinungen in ausgesprochener Weise zu Lissabon, als der meist geschädigten Stelle, zu suchen. Das ist nun, wenigstens hinsichtlich der Spaltenbildung, nicht so sehr der Fall. So konnte man für Lissabon nur einen einzigen deutlichen Hinweis in dieser Beziehung aus den zahlreichen Berichten entnehmen. In dem Briefe des kais. russ. Hofpoeten Bonechi[1]) findet sich nämlich die Mitteilung: „Die Erde spaltete sich auf dem hochgelegenen Stadtviertel St. Katharinenberg; ich wäre beinahe selbst in dem abscheulichen Schlunde der geborstenen Erde versunken." Und die Mitteilung bei Seyfart[2]), wonach gleich beim ersten Stoss die Erde sich öffnete, gegen 4000 Häuser versanken und viele Menschen verschlungen wurden, entbehrt jeden thatsächlichen Rückhalts. Dagegen ist nicht zu zweifeln, dass so mancher Felsen in den portugiesischen Gebirgszügen[3]) sich lockerte und in das anliegende Thal stürzte. Namentlich barsten am Steilrande des Meeres zahlreiche Felsenblöcke und versanken unter furchtbarem Getöse im Meere; so wird dies speziell von den Felsen bei Alvidras[4]) berichtet. In der Nähe von Luque[5]) riss ein Berg auseinander; es drangen aus der Oeffnung Dünste von üblem Geruch, der sich für

[1]) Seyfart, Allgemeine Erdbebengesch. p. 246;
[2]) Seyfart, Allg. Erdbebengesch. p. 158;
[3]) Phil. Trans. Vol. 51. p. 622; hingewiesen auf History and Philosophy of Earthq . . p. 317;
[4]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 110; und p. 417; Hoffm. . p. 407;
[5]) Suppl. aux Refl. . . p. 20; Hoffm. . . p. 435; Journ. Etr. . . p. 215.

die Tiere nachteilig zeigte. Eine grosse Felsmasse fiel über die Stadt Gibraltar[1]) und richtete starke Verwüstung an.

Auf afrikanischem Gebiete sind einzelne interessante Fälle vorgekommen, wenn man die Ueberlieferungen auch nur zum Teil als wahr gelten lassen will. Zu Meknesa[2]) barsten zwei Berge, und aus der Spalte ergoss sich noch längere Zeit ein rötlicher Strom. Dieses Phänomen dürfte wohl mit dem von den Phil. Trans. gemeldeten Falle identisch sein, wonach bei den sog. Scloges, unweit Fez, ein Berg aufbrach, aus dem eine Art „Blutstrom" hervorquoll.[3]) Nach dem Mercur de France öffnete sich 18 Leagues von Marokko[4]) entfernt die Erde und verschlang ein Dorf mit sämtlichen Einwohnern, die unter dem Namen „Söhne von Busumba" bekannt waren; die Erde hätte sich bald wieder geschlossen, so dass der Boden kein besonders verändertes Aussehen bot. Zum mindesten ist dieser Bericht ungewöhnlich übertrieben, die ganze Erdbebengeschichte weist keinen ähnlichen historisch beglaubigten Fall auf; ausserdem ist dieses Ereignis, wie auch das über die Sarjon-Hills (Hügel) in den Philosophical Transactions[5]) angeführte Phänomen, welches sich übrigens sehr wahrscheinlich mit dem vorgenannten deckt, mit ziemlicher Sicherheit nicht auf den 1. November, sondern auf den 18. November zu verlegen, wo nämlich die Folgen erneuter Erdstösse eine viel bedeutendere Ausdehnung annahmen.

Auf die Hebungen und Senkungen übergehend ist in erster Linie ein Vorfall zu Lissabon anzuführen: Ein neu erbauter Marmorquai sank mit einigen Hundert Menschen, die dort in ihrer Verzweiflung sich angesammelt, plötzlich

---

[1]) wie Seite 34 N. 5;
[2]) J. H. R. . . p. 43; Hoffm. . . p. 402; 432; Seyf. . . p. 216.
[3]) Phil. Trans. . . Vol. 49. p. 430;
[4]) Phil. Trans. . . Vol. 49. p. 431;
Suppl. aux Refl. . . p. 37; Hoffm. . . p. 433;
[5]) Phil. Trans. . . Vol. 49. p. 429/31; Hoffm. p. 433;

in die Tiefe des Meeres. Der Berichterstatter[1]) teilt auch mit, dass die hinterher gemessene Tiefe gegen 600 Fuss betrug. Er bemerkt ausdrücklich, selbst sei er im Momente des Unglücks nicht in unmittelbarer Nähe gewesen, doch habe er Genaues gleich darauf von verschiedenen Schiffsmeistern erfahren. Von sämtlichen Fahrzeugen, die mit in die Tiefe gezogen wurden, sei auch nicht eines mehr an die Oberfläche gekommen. Er betont jedoch, dass dies der einzige Punkt sei, an dem ein Versinken des Erdreichs konstatiert werden konnte; dagegen behauptet er, dass mehrere kleinere Spalten entstanden, aus denen feiner weisser Sand hervorgedrungen. Zu Belalcázar gab ebenfalls der Erdboden erheblich nach, so dass die Kirche in die Tiefe sank und das Volk sich durch die Fenster und Oeffnungen des Daches retten musste; nach dem Journal Etranger wäre dies mittels der Treppen des Glockenturms geschehen.[2]) In einem Dorfe, namens Guébéjar[3]), entstand ebenfalls ein Abgrund, in dessen Tiefe bis nach vier Tagen der ganze Ort versank. Hingegen soll sich in der Nähe von Alvidras[4]) der Boden eines kleinen Küstensees gehoben haben, so dass von einer Vertiefung nichts mehr zu sehen war, obgleich das Wasser selbst im Sommer eine Tiefe von 6—7 Palmen[5]) aufwies. Zwischen den Klippen Sarithoes, auch Bitu-

---

[1]) Braddock, Brief eines englischen Kaufmanns vom 13. Nov. 1755 an Dr. Sandby, Chancellor of the diocese of Norwich; London 1787. Erwähnt in Hoffmann . . . p. 428.

v. Hoff, Veränderung des Erdb. . . III. Teil, p. 418 zitiert dasselbe unter: Ch. Davy, Letters addressed chiefly to a youny Gentleman . . . London 1787 Voll. 8 in Vol. 2; p. 12.

[2]) Journal Etr. . . Janv. 1756. . p. 215;
Suppl. aux Refl. . . p. 20; Hoffm. . . p. 435;

[3]) Journal Etr. . . Janv. 1756. p. 215; Hoffm. . . p. 435;

[4]) Phil. Trans. . . Vol. 49; p. 417;
Hoffmann . . p. 407; 431;

[5]) 1 portugiesische Palme = 9 Zoll.

recas genannt, unweit Colares[1]) konnte man nach dem Beben trockenen Fusses gehen, während diese Stelle zuvor noch, selbst bei niedrigem Wasserstande, mit Küstenschiffen befahren werden konnte. Ein ganz auffälliges Beispiel von Bodensenkung in Afrika hat das Journal de Physique verzeichnet: Vor dem Hafen von Mogador lag eine Reihe von Klippen in geringer Tiefe unter dem Wasserspiegel, die nur kleinen Schiffen den Eingang in den Hafen ermöglichten. Infolge des Erdstosses am 1. November aber versanken diese Riffe derart, dass die Rhede seitdem eine Tiefe von 120 Fuss hatte und die grössten Kriegsschiffe aufnehmen konnte.[2])

Bei solchen terrestrischen Störungen befremdet es gewiss nicht, wenn Gewässer aus ihrem normalen Laufe oder Stande gebracht werden. Und da weist denn das Lissaboner Beben in seiner Wirkung eine ganze Fülle von ähnlichen Unregelmässigkeiten auf, mit denen wir zwar zum grössten Teile erst später bekannt werden. Zu Lissabon[3]) wie zu Colares wurde in einigen Brunnen das Wasser und der Sand aufgewühlt; einige Quellen rannen stärker, aber schmutzig, andere hingegen versiegten plötzlich, während an ganz wasserarmen Stellen die Wasser mächtig hervorsprudelten. Ein ganz besonderer Vorfall trug sich zu Colares[4]) zu, wo schon am Vortage des Unglücks bemerkte Störungen auftraten, die jedoch mit dem Erdbeben wieder verschwanden. So soll auch zu Madrid[5]) das Wasser in den Brunnen schon einige Tage vorher gefallen sein, was erst durch das Erdbeben wieder aufgehoben wurde. Zu Urrera?[6]) verschwand

---

[1]) Phil. trans. . . Vol. 49. p. 413; Hoffm. . . p. 430.
[2]) Rozier, Observations; Journ. de Phys. T. 1. p. 100; v. Hoff, Veränd. der Erdoberfl. . . p. 418. III. T.; Hoffmann . . . p. 433.
[3]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 416.
[4]) Phil. trans. Vol. 51. p. 608; und 49. p. 416.
[5]) Coll. acad . . . p. 631; Hoffmann, p. 435.
[6]) Coll. acad. . . p. 633; Hoffmann, p. 436;

das Wasser in einem kleinen Teiche. Aus Afrika wird berichtet, dass mehrere Quellen völlig vertrockneten. Zu Tanger[1]) versiegten die süssen Gewässer, so dass das Land der Küste auf $^1/_2$ league Breite bis gegen Abend ohne jegliches Wasser war. Dann aber gaben Brunnen, Quellen, Fontänen plötzlich eine überreiche, rötlich gefärbte Wassermenge. Dasselbe verlautet aus Ceuta,[2]) aus Tetuan,[3]) woselbst der Fluss Chico eine rötliche Färbung annahm. — Schliesslich sei noch eine eigentümliche Erscheinung erwähnt, die gewiss Interesse beanspruchen kann: Der hamburgische Konsul Stoqueler will nämlich zu Colares[4]) beobachtet haben, wie bei den drei starken Erdstössen mehrere helleuchtende Flammen aus den Bergen aufschlugen. Dem Berichte gemäss lagerten über einer Hügelgruppe, Tojo genannt, schwarze Rauchwolken, deren Dichte mit der Intensität der Stösse ab- und zunahm. Als man tags darauf, so lange hatte die Erscheinung angehalten, bewusste Stelle aufsuchte, zeigte sich nicht die geringste Spur eines Brandes oder eines vulkanischen Phänomens.

Der Begriff „Erdbeben" schliesst freilich zunächst die Erscheinung der Erderschütterung, einer Störung des festen Erdreichs, in sich; doch ist bei einer sehr grossen Anzahl von Beben damit eine ungewöhnlich mächtige Bewegung der grossen Wasserbecken verbunden. Zwar hat eine solche Wasserflut als sekundäre Erscheinung zu gelten, allein wollten wir diese und die primäre seismische Erschütterung der Erd-

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 39; Hoffm. p. 4; Seyfart . . . p. 218, Böhm. Abhandl. p. 233;
[2]) Suppl. aux Refl. . . p. 39.
[3]) Phil. trans. Vol. 49; p. 429; Hoffmann . . p. 432.
[4]) Phil. trans. Vol. 49. p. 413; Hoffmann . . p. 376.

rinde hinsichtlich ihrer verderblichen Wirkungen abwägen, in gar vielen Fällen überträfen die schlimmen Folgen der Flut die Schäden der blossen Erschütterung. Wir werden sehen, dass auch beim Lissaboner Erdbeben die Flutwellen des Meeres das ohnehin grässliche Unglück mehr als verdoppelten. Erst die schrecklichen Flutwirkungen gaben dem Beben den Charakter des furchtbarsten Naturereignisses, das sich seit Menschengedenken in Europa zugetragen.

c) Fluterscheinung des Meeres.

Es ist nur zu bedauern, dass auch über die Fluterscheinung, die doch allen Anzeichen nach an Mächtigkeit von keiner anderen aus historischer Zeit übertroffen wird, sich die Quellen bisweilen recht wenig decken. Wir werden uns auch hier bemühen, die Berichte, die am ehesten Wahrscheinlichkeit beanspruchen können, beizubringen, eventuell dieselben auf Grund anderer gleichwertiger Nachrichten modifiziert wiederzugeben. Was jedoch die Erscheinung zu Lissabon anlangt, so möchten wir auf jene früher angegebenen Schriften verweisen und beschränken uns darauf, das Auftreten der Erdbebenflutwelle in dieser Stadt nur der Hauptsache nach zu skizzieren.

Nicht lange nach den Erdstössen, vielleicht eine Stunde nach den ersten Anzeichen des Erdbebens, wälzte sich eine ungeheure Wasserwoge, die sich von Ferne wie eine bis zu 40 Fuss hohe Mauer präsentierte, gegen die Hauptstadt; das Wasser überschritt um 9 Fuss noch die Höhe der grössten Ueberschwemmung, deren man sich je erinnern konnte. Dreimal kehrte der Wasserschwall mit der Gewalt einer rücklaufenden Brandungswoge zurück, alles Bewegliche mit in die Tiefe ziehend. Bekanntlich hatten namentlich die niederen Stadtviertel darunter zu leiden, und so erklärt sich es, dass die Menschenverluste zum grössten Teile auf das „gewöhnliche Volk“ fallen. Ein Vorkommnis

von ganz besonderer Art wird über den Tejofluss[1]) berichtet. Nach übereinstimmenden Quellen hat sich in dem Laufe des Flusses, bezw. in seiner Wassermenge eine Abnormität insoferne ergeben, als das Wasser sich wie plötzlich verlief, so dass das Bett, das in der Nähe Lissabons mehr als 2 Meilen breit ist, auf einer Seite, einer englischen Mitteilung zufolge sogar gänzlich trocken lag; nur am Ufer zog sich noch ein schwacher Bach hin, auf dessen Grund man mit Leichtigkeit sehen konnte. Aber bald, die Berichte gehen hier auseinander, sollte sich in das verlassene Bett eine Wassermasse stürzen, wie sie die Tejobucht noch nicht aufgenommen. Sechs Fuss höher als zur Zeit der höchsten bis dorthin erlebten Fluthöhe schoben sich die gewaltigen Wogen flussaufwärts. In der Nähe von Schloss Belem erhob sich eine Welle bis gegen 50 Fuss, und verbürgt ist die Meldung, wonach zu Toledo, das doch 100 Meilen von Lissabon entfernt liegt, der Fluss gegen 10 Fuss stieg. Man kann sich hiedurch einen Begriff machen, mit welcher Kraft die Gewässer in dieser Senke des Tejobettes fortgepeitscht wurden.[2]) Wir werden übrigens später Veranlassung nehmen müssen, auf diesen Vorfall zurückzukommen. — In ähnlicher Weise ergoss sich diese Meeresflutwelle über die ganze portugiesische Küste, wobei deutlich als erste Wasserbewegung die vom Meere gegen das Land, also eine westöstliche verzeichnet ist. Ueber die Küstenstädte nordwärts von Lissabon besitzen wir nur wenige eingehendere Nachrichten. Zu Oporto[3]) stieg wie plötzlich der Douro mächtig an, um aber nach Verlauf von einer Viertelstunde ebenso rasch wieder zurück-

---

[1]) Mercur de France. T. 1; 1755; p. 244;
Journal Etranger, Dez. 1755; II. Bd. p. 238:
Phil. Transactions. Vol. 51. p. 611;
History and Philosophy of E . . p. 316;
Suppl. aux Refl. . . p. 12/13; Seyfart . . p. 159;

[2]) Ferner noch hingewiesen: Phil. trans. Vol. 49; p. 409;
Coll. acad. . . p. 629; Hoffm. p. 428; J. H. R. . . p. 15;

[3]) Phil. trans. . . Vol. 49; p. 419.

zusinken, so dass das Bett an manchen Stellen trocken lag. Die Schiffe wurden mächtig gehoben, nahmen aber keinen besonderen Schaden; nur leichtere Fahrzeuge schleuderte die Flutwelle über das Ufer. In dem gegenüberliegenden Villa de Gaya[1]) wurden zwei eben auslaufende brasilianische Schiffe in den Hafen zurückgeworfen und entkamen nur durch Zufall dem sicheren Untergange. Bayona[2]) in Galizien, nördlich der Minhomündung gelegen, wurde durch die Flut völlig überschwemmt und nicht wenig geschädigt. Während der Erdstösse schien zu Coruña[3]) das Meer an einigen Stellen zu sieden; bald schwoll es in schrecklicher Weise an und innerhalb einer halben Stunde, 1—1½ Uhr, stieg und fiel das Wasser siebenmal; diese Flut und Rückflut legte sich gänzlich erst am folgenden Tage.

Weit ärger wurde dem südöstlichen Küstenstriche der Halbinsel mitgespielt, was neben der Nähe am Epizentrum durch die ganze Situation der Küste bezw. der einzelnen Küstenorte bedingt erscheint. Die ersten Berichte über Setubal[4]) oder St. Yves, lauteten ja von einem gänzlichen Untergange der Stadt. So schlimm war es zwar nicht; aber was durch das Beben selbst noch nicht ruiniert, das erreichten die verheerenden Wogen des Meeres. In den Strassen der Stadt hätte man mit Schiffen fahren können, so hoch stand die Flut in der Stadt. Der Hafen wurde einfach fortgerissen, ohne dass man später auch nur eine Spur von ihm hätte entdecken können. Grosse beladene Schiffe wurden über eine 24 Fuss hohe Mauer geworfen, die stärksten Anker versagten unter solchen Umständen den Dienst. Noch Schreck-

---

[1]) wie 2 Seite 40 und Seyfart, Allg. Erdbeb. . . p. 173;
[2]) J. H. R. Abt. II. p. 14;
[3]) Suppl. aux Refl. . . p. 21;
Coll. acad. . . p. 631; Hoffmann . . p. 435.
[4]) Mercur de France, 1755; p. 244; Suppl. Refl. . . p. 16;
J. H. R. . . p. 42/43; Denso . . p. 31; J. A. E. M. . p. 31;

licheres hören wir von Cadix:[1]) Eine Stunde ungefähr nach dem Erdbeben, um $11^h\ 40^m$, gewahrte die ohnehin aufs höchste geängstigte Menge in einer Entfernung von etwa acht Seemeilen eine riesige Wassermasse wie eine Mauer gegen die Stadt rücken. Man machte sich gefasst, im nächsten Augenblicke von dieser grausigen Flut verschlungen zu werden. Die Wasser trafen die Brustwehr der Mauer von Westen, rissen dieselbe auf eine Länge von 100 Toisen weg; zum Glück konnten sich die Wogen nicht zu sehr über die Stadt verbreiten, da der Durchbruch an der niedersten Stelle geschah; es hatten die Stadtviertel le Molle, la Calette, Puerto Piojo am meisten zu leiden. Die Flut zog sich auch hier anfangs sehr rasch zurück, kehrte aber mit verstärkter Gewalt wieder, und dieses Hin- und Herfluten dauerte noch, an Kraft allerdings mit der Zeit verlierend, bis zum nächsten Tage. In den Strassen der Stadt sind auffälligerweise wenig Personen ertrunken, der Mercur de France spricht nur von 2 Frauen und 5 Kindern; dagegen verloren gegen 250 Personen, die sich auf dem Damm de la Porte de Terre angesammelt hatten, das Leben, indem sie von der daherbrausenden Flut weggespült wurden; der Damm selbst wurde an mehreren Stellen durchbrochen. Bei dieser Gelegenheit verlor auch ein Enkel des grossen Racine das Leben. Die Wucht, mit der die Wogen gegen die Küste prallten, muss eine ganz gewaltige gewesen sein, denn die schwersten Kanonen wurden gegen 100 Schritte in die Stadt getragen. Von einer Beschädigung grosser Schiffe findet sich nirgends eine Notiz. Von kleineren Küstenstädten sind zu nennen San Lucar,[2]) Huelva[3]) in der

---

[1]) Mercur de France Dec. 1755; T. I; p. 243;
Suppl. aux Refl. . p. 16;
Journal Etranger Jan 1756. p. 210/211;
Phil. trans. Vol. 49; p. 424/28;
Coll. acad. . . p. 631; Schwed. Abhandl. . . p. 132/35.
[2]) J. A. E. M. . . p. 25,1;
[3]) Journal Etr. . . 1756. p. 213; J. A. E. M. . . p. 25/2;

Grafschaft Niebla, wo die Flut etwa 300 Personen, die mit Sardellenfang beschäftigt waren, ins Meer hinaustrug. Ayamonte[1]) wurde gänzlich überschwemmt, desgleichen Albuféïra[2]) und Faro[3]), die alte Bischofsstadt, wo durch das Beben und die Ueberschwemmung an 3000 Menschen umgekommen sein sollen. Der Hafen zu Lagos[4]) ist beinahe gänzlich zerstört worden, mehr als das Drittel der Bevölkerung fand dabei den Tod. In der kleinen Hafenstadt Conil,[5]) 5 Meilen südlich von Cadix, stieg die Flut 7 Fuss über die höchste bisher gezeichnete Marke und fiel nach einer Viertelstunde entsprechend tief; auch Algeziras[6]) wurde grösstenteils von der Flut beschädigt. Zu Gibraltar[7]) wütete die See ganz ausserordentlich, ohne jedoch der günstig gelegenen Stadt viel Schaden zu bereiten. Eine Menge Kähne und lebende wie tote Fische wurden über das Ufer geschleudert.

Natürlich blieb die nahe afrikanische Küste von den unheilvollen Wirkungen der Erdbebenflutwelle nicht verschont; ja verschiedenen Punkten muss es noch schlimmer ergangen sein. Die ganze Küste Marokkos und Algeriens ward überschwemmt, ernstlich gefährdet war indessen nur die Westküste von Nordwestafrika, wenigstens verlauten aus Oran und Algier keine schlimme Nachrichten. Zu Ceuta[8]) hingegen stieg das Meer über 7 Fuss und hielt sich auf diesem

---

1) Journal Etr. . . 1756. p. 213;
2) wie 1 und Supp. aux Refl. . . p. 12;
3) Journal Etr. Janv. 1756; p. 213;
Suppl. aux Refl. . . p. 12; J. H. R. . . p. 42;
4) Supplement aux Refl. . . p, 12;
5) Seyfart . . p. 174; J. A. E. M. . . p. 25/1;
Suppl. aux Reflexions . . p. 19.
6) Seyfart . . p. 179;
7) Coll. acad. . . p. 631:
Seyfart . . . p. 178;
J. H. R. . . p. 43.
8) Suppl. aux Refl. . . p. 38; Seyf. . . p. 214/15 u. 449.

Niveau eine Viertelstunde; dann aber trat die Wassermasse so rasch zurück, dass eine Menge Fahrzeuge und Fische auf dem Trockenen liegen blieben; auch hier zog sich das Hin- und Herfluten bis zum nächsten Morgen hin. An der Küste zu Tanger[1]) erhob sich der Schwall bis zu 50 Fuss und liess beim Zurückweichen eine Masse Sand und Fische liegen; achtzehnmal wiederholte sich die Wasserbewegung, bis abends 6 Uhr dauernd. Ein Schiff, das zu Asila[2]) von der Flut plötzlich gehoben wurde, aber mit ihr ebenso rasch wieder zurücksank, zerschellte am Boden. Die Strassen zu Saleh[3]) waren mit zahlreichen Fischen bedeckt, alles Vieh an Bord war umgekommen und eine Karawane, die sich auf dem Wege nach Marokko befand, wurde von der rückflutenden Woge in die Tiefe gezogen. Dasselbe Schicksal soll eine nach Fez ziehende Karawane gehabt haben[4]). Zu Safi[5]) drang die tobende See bis zur Moschee im Innern der Stadt vor, richtete allenthalben grosse Verwüstung an; zahlreiche Seetiere bedeckten das Ufer.

Nun erübrigt noch, der Fluterscheinung zu gedenken, soweit sie die in diesem unserm ersten Affektionsbezirke liegenden Inseln betrifft. Über das Auftreten des Flutphänomens auf den Azoren giebt uns ein Brief eines Herrn M. Pires[6]) aus Angra auf Terceira, den er am 9. Nov. 1755 an sein Kaufhaus zu Lissabon richtete, guten Aufschluss. Wir lassen in allgemeinen Zügen besagten Bericht folgen; Pires schreibt: Der jüngste Tag scheint für unsere Insel angebrochen zu sein; seit drei Wochen haben sich starke Erdbeben ereignet,

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 39; Hoffm. . . p. 432; J. H. R. . . p. 44;
[2]) Phil. Trans. Vol. 49 p. 429/30. Hoffmann . . . p. 449;
[3]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 430;
[4]) J. H. R. p. 44;
[5]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 430; Seyfart . . p. 217; Suppl. aux Refl. . . . p. 38; Hoffm. . . p. 433;
[6]) Journal Oeconomique, Fev. 1756; p. 149/50;

besonders aber am Allerheiligen Tage, wo trotz völliger Windstille das Meer über die Ufer trat und, besonders zu Praya, mehrere Häuser und Barken forttrug; viele Leute ertranken. Das Land ist mit Steinen und Felsstücken aus dem Meere bedeckt, so dass niemand mehr seine eigenen Ländereien erkannte. Doch das Erstaunliche ist nicht so sehr die Überschwemmung als die Art und Gewalt des Meeres in seinem Rückfluten. Die Schiffe lagen da auf dem Trockenen, die grosse Bucht war ohne Wasser, die Anker schienen wie am Lande zu liegen[1]). Es ist mir unmöglich, die Bestürzung unter dem Volke zu schildern; alles läuft in die Kirchen, um zu beichten. — Auf der Insel Pico hat das Meer die Gefängnisse der Burg von St. Madeleine weggeschwemmt; die Verwüstungen sind hier wie auf Fayal überaus grosse. Von der Insel Graciosa und St. George liegen noch keine Nachrichten vor."

Soweit der Bericht dieses Beamten; derselbe kann gewiss ein Recht auf Glaubwürdigkeit beanspruchen, da er, unbewusst der Vorgänge zu Lissabon, seinem Hause lediglich referieren will, was er persönlich erlebt. Und gerade, weil er Ähnliches, wie er selbst bemerkt, noch nie durchgemacht hatte, bemühte er sich, nur Thatsachen zu berichten.

Die Philosophical Transactions[2]) verfügen über einen näheren Bericht aus Madeira. Wie die Bewegung an der portugiesischen Küste mit einem Anströmen von W nach O sich einstellte, trat sie zu Madeira ganz entsprechend mit einer gegen Osten abziehenden Strömung, einer Ebbe, ein[3]). Es war zu Funchal etwa $9^1/_2{}^h$ morgens, eine halbe Stunde nach dem ersten Stoss, als die Wasserstörung sich bemerkbar machte. Beim Anfluten erreichte aber die Welle eine Höhe von mehr als fünfzehn Fuss über der höchsten

[1]) Die Schiffe ankerten 30 Klafter vor Angra.
[2]) Phil. trans. Vol. 49. p. 432 und Vol. 51. p. 612; Hoffmann . . . p. 447;
[3]) Über Madeira ferner: Seyfart . . p. 185; Degli orr. Trem. . . p. 38;

Flutmarke. Vier- bis fünfmal ging und kam die Flut, bis einigermassen wieder das Gleichgewicht hergestellt war. Auf den Canarien[1]), besonders auf Tenerife, zeigten sich die gleichen Erscheinungen. Viele Schiffe wurden von ihren Ankern losgerissen und beschädigt.

Zum Schlusse wäre noch der Inseln im Mittelländischen Meere zu gedenken: Auf Mallorca und Menorca[2]) empfand man das Beben und beobachtete die Flut, legte aber diesen Erscheinungen keine Bedeutung bei. Anders wohl auf Sardinien, wo die Hauptstadt Cagliari[3]) und das umliegende Gebiet auf sieben italienische Meilen weit in's Land sechs Minuten lang überschwemmt wurden, so dass die Korallenfischer an der Küste mit Weibern und Kindern umkamen. Nach J. A. E. M.[4]) träfe dieser Vorfall erst für den 17. oder 18. November zu. —

Es hätte sich bisher einige Male Gelegenheit geboten, Vorkommnisse weniger sachlichen Inhalts zu berühren, allein es schien nützlich, Überlieferungen, die nach der sagenhaften oder gar mystischen Seite hinneigen, fernzuhalten. Doch können wir es uns nicht versagen, auf einen Vorfall hinzuweisen, der, wenn auch nicht wissenschaftlich gerechtfertigt, so doch interessant genug erscheint, den bisherigen Notizen angereiht zu werden. Das Journal Etranger[5]) hat nämlich einen Brief aus Granada an einen Herrn M. Mouffle de Georville, Marineschatzmeister, aufgenommen, dessen Inhalt ungefähr mit Folgendem gegeben sei: Das Erdbeben vom 1. November spaltete ein steiles Gestade am Ufer des Meeres, wobei ein Mauerwerk zum Vorschein kam. Bei

---

[1]) Degli orr. Trem. . . p. 38.
[2]) Seyfart . . . p. 184;
[3]) J. H. R. . . p. 45/46;
[4]) J. H. R. . . p. 45/46; J. A. E. M. . . p. 27;
[5]) Journal Etranger Janv. 1756. à Paris 1756.
Extrait d'une Lettre écrite de Grénade . . . 4. November 1755, p. 217—219.

näherer Prüfung durch eine eigene Kommission stellte sich dasselbe als ein Mausoleum mit einem auffallend gut erhaltenen Leichnam eines geköpften Mauren heraus. Der tote Körper, angethan mit einem Gewande, reich mit edlen Steinen besetzt, hielt in der linken Hand eine brennende Lampe, in der rechten eine Lanze. Am Fusse des Mausoleums ruhte der Leichnam eines ebenso vornehm gekleideten Mohren, mit einem Dolch mitten im Herzen; das Blut war noch so schön rot, als wäre es kurz zuvor noch geflossen. Die Grabschrift, arabischen Charakters, konnte niemand entziffern. Zur Sicherheit wurden Wachen an die märchenhafte Stelle beordert.

Der Berichterstatter verspricht, in Bälde etwas Näheres darüber mitzuteilen. [Dieser Bericht konnte jedoch nicht ausfindig gemacht werden]. Der wahre Sachverhalt lässt sich heute freilich schwer zurecht legen; es wird sich hiebei wohl nur um eine durch die Erderschütterung veranlasste Blosslegung einer alten maurischen Grabstätte handeln. Unter dem Eindrucke der erstaunlichen Pracht, wie sie bei den reichen Arabern für deren Begräbnisräume gegenüber den einfachen christlichen Gräbern entfaltet wurde, dürfte der ganze Bericht entsprechend ausgeschmückt worden sein.

II. Südfranzösisches und alpines Gebiet nebst nördlichem und südlichem Vorlande.

Wir gehen nunmehr zum zweiten Teilgebiete, dem südfranzösisch-alpinen Bezirke über, wobei gleich bemerkt sei, dass hier eine Verschiebung der Phänomene zu Tage tritt, insoferne als blosse Erschütterungserscheinungen sich verhältnismässig wenig geltend machen, auch das Auftreten der Erdbebenflutwelle der Natur des Schüttergebietes nach

schon eine geringe Rolle spielen kann; dafür werden aber innere terrestrische Störungen nebst Begleitphänomenen in den Vordergrund treten. Wir werden das spanisch-französische Grenzgebirge der Pyrenäen zum Ausgangspunkte nehmen und dann, an der geographischen Entfaltung der beteiligten Länderstriche gegen Nordosten festhaltend, zunächst das südfranzösische Gebiet berühren; daran schliesst sich die Abhandlung der Erscheinungen im westalpinen Bezirke, in den Zentralalpen nebst der Schweiz und Französischem Jura, in den Ostalpen und schliesslich in dem südlich davon gelegenen italienischen und nördlichen deutschen Gebiete. Dabei soll diesmal die scharfe Trennung nach den einzelnen Erscheinungsarten nicht stattfinden, und zwar deswegen, weil sich einerseits hier nicht gerade vielseitige Erscheinungsformen auf die einzelnen Punkte wie früher konzentrieren, und weil andererseits eben aus diesem Grunde die Wirkungen des Erdbebens in ihrer Gesamtheit nicht deutlich hervortreten würden.

Während sich Palassou[1]) mit der kurzen Notiz begnügt, das Erdbeben sei auch in den Pyrenäen wahrnehmbar gewesen, verbreitet sich darüber der Mercur de France schon in einem ausführlicheren Berichte. In völliger Anlehnung an genanntes Journal referiert Supplement aux Reflexions sur le desastre de Lisbonne: Das Lissaboner Beben kam für die Pyrenäen weniger in Form einer deutlich wahrnehmbaren Erderschütterung zur Geltung als durch auffällige Störung fliessender Gewässer. So bemerkte in einem kleinen Thale am Nordrande des Gebirgszugs, in der Généralité d'Auch, ein Schiffer, wie er aus der hohlen Hand ein sonst reines Quellwasser trinken wollte, dass dieses trübe war und allmählich eine rötliche Farbe annahm. Rasch eilte er thalabwärts, wo er an dem Bache

---

[1]) Hoffmann . . p. 398. — Siehe Nachtrag, p. 206; No 3 gehört hier aus dem Nachtrag vorgenommen!

die gleiche Beobachtung machen konnte. Auf seine Mitteilung begaben sich die Einwohner mit dem Ortspfarrer an die kritische Stelle, konnten aber die Aussage des Schiffers nur bestätigt finden. Ja, man entdeckte noch weitere vier Quellen, deren Durchsichtigkeit verringert, deren Geschmack verändert war; und im fliessenden Wasser setzte sich eine Art Schlamm nieder. Ein nach Norden abfliessendes Bächlein wies eine weissliche Färbung auf, wie wenn darin Gips aufgelöst worden wäre. Im ganzen Thale von Jurvielle(?) zeigte sich bei sämtlichen Quellen, gegen zwanzig an Zahl, die gleiche Abnormität. Ungefähr um 11 Uhr trat das Phänomen auf; gegen 8 Uhr morgens erst kehrten die Gewässer zu ihrem alten Stande zurück[1]).

Im südwestlichen Frankreich[2]) zeigte die Erdbewegung eine von S nach N genommene Richtung, war aber nur von ganz kurzer Dauer; eine gleichzeitige ausserordentliche Wasserbewegung der Garonne zu Bordeaux hielt länger an[3]). Auch aus Cognac en Seintonge[4]) verlautet die Kunde von einem Erdstosse, der als solcher zwar keinen besonderen Schaden verursachte, nur die Quellen erfuhren eine starke Trübung. So wird speziell von der Quelle von Burie[4]), zwei Meilen von Cognac, berichtet, sie hätte rötliches Wasser gegeben; die zu Gersac[5]) glich einem Seifen-

---

[1]) Mercur de France, Fevr. 1756.
Suppl. aux Refl. . . p. 22–25;

[2]) Suppl. aux Refl. . . . p. 25/26; Hoffmann p. 436;

[3]) Bordeaux empfand deutlich einen Stoss, der einige Minuten anhielt; als Zeit ist 10¼ Uhr angegeben.
Bertrand, Mem. Hist. et Phys. p. 114;
Bayonne verspürte ebenfalls das Beben:
Seyfart, Allg. Geschichte d. Erdbeben p. 186;
Beschreibung . . . Danzig 1756. p. 30.
Caën erschüttert, sowie die ganze Bretagne.
Beschreibung . . Danzig; p. 31;
Coll. acad. p. 633. —

[4]) Bertrand, Mem. Hist. Phys. . . 1757 . . p. 114;
Coll. acad . . p. 633; ganz dasselbe.

[5]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 114;

schaume mit stets wechselnder Farbe; zu St. Laurent war die Quelle sichtlich erregt. Recht ausführliche Nachrichten über Quellenstörungen bringt Suppl. aux Refl. sur le desastre de L.; auch Bertrand und später v. Hoff bereichern das Material. So erstrecken sich bezügliche Mitteilungen vornehmlich auf die Gegend von Angoulême im Languedoc[1]): Sämtliche Quellen und Brunnen erlitten hinsichtlich ihrer Wassermenge nicht unwesentliche Veränderungen; die einen nahmen an Stärke ungewöhnlich zu, andere versiegten; weissliche Farbe, moderiger Geruch liessen den abnormen Zustand noch mehr erkennen. Die Charente[1]), an deren ansteigenden Ufern leichtere Stösse verspürt wurden, sank beträchtlich, allerdings nur für kurze Zeit. Nächst Angoulême befindet sich ein kleiner See[2]), der von dem benachbarten Flüsschen Bandiat gespeist werden soll, thatsächlich habe sich dort beobachten lassen, wie in Spalten und Löchern eine beträchtliche Wassermenge verschwand. Am 1. November nun löste sich am Seeufer ein Felsblock, und es konnte infolge der Lockerung des Erdreichs ein gegen sechs Fuss breiter Giessbach entströmen, der eine Menge Geröll mit sich riss. Unmittelbar vor diesem Ausbruche, der gegen 11 Uhr erfolgte, zeigte sich der See sehr erregt, das Wasser war weisslich gefärbt. Auf dem rechten Ufer der Jouante bei Merucés[3]) entstand eine Spalte[4]), die sich in einer Breite von zwei Fuss und einer Länge von sechs Meilen gegen Florac erstreckte, in der Folgezeit aber

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 27;
Seyfart . . p. 186; verlegt diesen Vorfall auf den 4. Nov.

[2]) Suppl. aux Refl. . . . p. 26; ferner berichten:
Buffon, Suppl. . . . p. 338; J. H. R. . . p. 44; Hoffm. p. 398; Kant . . p. 237;
Pontoppidan. . . p. 52; Coll. acad. . . p. 632. —

[3]) Jedenfalls: Jonte bei Meyrueis;

[4]) Buffon, Epoques de la nat. Hist. Supplement T. 10. p. 53.
v. Hoff, Veränderungen der Erdfl. . . p. 350;

zugefüllt wurde. In der Provence traten bei verschiedenen Quellen die bekannten Erscheinungen auf, so bei der zu Gemenos[1]), östlich von Marseille. Von mehreren Seiten ist bestätigt, dass eine Quelle, die ihr Wasser aus dem Thale Saint-Pons bezieht, ganz morastig und rötlich gefärbt war. Es dauerte bis gegen 6 Uhr abends, ehe die alte Farbe wiederkehrte. Diese Unregelmässigkeit, sowie Quellenstörungen unter ähnlichen Nebenerscheinungen zu St. Auban[2]), zu Cuers[2]), Vaucluse[2]), Erguel?[2]), Souliers[3]) und Brignoles[1]) sind für die Zeit gegen elf Uhr angegeben. Nach der italienischen Schrift „Über die Entstehung von Erdbeben . ." wäre der Rhône zu Avignon derart gestiegen, dass die Flussinsel Camargue auf kurze Zeit überschwemmt war; auch Arles, Tarascon, sowie einige Orte der Grafschaft Venaissin[4]) hätten viel gelitten. Die Schwefelquelle von Aix les Bains[5]) in Savoyen, den Römern schon als Aquae Allobrogum oder Gratianae (Domitianae) bekannt, wurde zur fraglichen Zeit kalt und trübe; ferner bildete sie einen sandigen Bodensatz; die Alaunquelle hingegen erlitt nicht die geringste Veränderung.

Über die Störungen in der Schweiz erhalten wir vornehmlich aus Bertrands Memoires Hist. et Phys. vielseitigen Aufschluss. Insbesondere wird hiebei unsere Aufmerksamkeit auf die Beunruhigung der schweizerischen

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 28; entnommen aus der Gazette d'Amsterdam;
Hoffm. . . p. 437; Kant . . p. 237;
Coll. . . acad . . p. 631; Seyf. . . p. 187;
Degli orr. Tremuoti . . . p. 31; ganz wie Seyf.

[2]) Coll. acad. . p. 631; Hoffmann . . . p. 436;

[3]) Wahrscheinlich Solliés!
Degli orrendi Tremuoti . . . p. 31;
Seyfart . . p. 187;

[4]) Degli orrendi Tremuoti . . . p. 30; unter Parascon jedenfalls Tarascon gemeint!

[5]) Revue encyclopédique, 1825. p. 326.

Seen gelenkt werden. Ungefähr 10^{h} morgens erfuhr das Niveau des Genfersees plötzlich eine auffallende Veränderung; dreimal stiegen die Wasser brausend an und sanken rasch wieder zurück; ein mit vollen Segeln fahrendes Schiff wurde in seinem Laufe aufgehalten. Während aber Bertrand ausdrücklich vermerkt[1]), es seien lediglich die mehr ostwärts gelegenen Küstenorte wie Vevey, La Tour, Chillon, Villeneuve von dieser Fluterscheinung betroffen worden, der westliche Teil hingegen, so z. B. bei Genf und Marges, hätte davon nichts gemerkt, berichten im Gegensatze dazu die Philosophical Transactions[1]), auch zu Genf hätte sich der See auf einige Augenblicke zurückgezogen. Der Neuchateler See[2]) schwoll nahezu zwei Fuss über den gewöhnlichen Stand an, und die in ihn mündenden Bäche wurden trüb und schlammig. Auf dem Bieler See[3]) oder dem von Nidau wurden trotz Windstille Fischer mit ihrem Fahrzeug gehoben und gesenkt; auch glaubten sie, unter sich ein eigentümliches Geräusch gehört zu haben. Über den See von Etalière[4]) (Lac de Taillères?) in der Grafschaft Neuchatel wird überliefert, er sei unter Geräusch in grosse Erregung gekommen. Der kleine See von Seedorf[5]) im Kanton Bern zeigte nicht bloss grosse Unruhe, es war auch der Versicherung eines Jägers zufolge ein Geräusch vernehmbar, ähnlich der Detonation entfernt abgegebener Kanonenschüsse; die Störung hielt jedoch nicht lange an. Jäger, die an dem Rhône unweit Noville[6]) der

---

[1]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 105; davon Coll. acad. . . p. 630;
Phil. Trans. . . Vol. 49. p. 438; Hoffm. . . p. 437.
[2]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 436; Hoffmann . . . p. 399;
[3]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 106;
[4]) Bertrand. Mem. Hist. et Phys. . . p. 108;
Coll. acad. . . p. 429; Hoffm. . . . p. 438;
[5]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 106/07;
[6]) Bertrand, p. 107; Bericht eines M. de Coppet;
Coll. acad. . . p. 630;

Jagd oblagen, bemerkten in einer Seitenbucht des Flusses, wie das sonst ganz ruhige Wasser sich heftig bewegte; dasselbe schien zu sieden, während der Boden am Ufer leise erzitterte. Die gleichen Erscheinungen zeigten sich am Thuner See[1]) und Züricher See[2]) bei dem namentlich die Gewässer um Rapperswyl, Männedorf, Meilen, Ruschikon, Horgen so stark gehoben wurden, dass sie sechs und noch mehr Fuss stiegen; auch hier vernahm man das unterirdische Geräusch. Über eine Beunruhigung des Vierwaldstätter Sees[1]) berichtet nur eine Quelle; mehr verbürgt erscheint die Wasserbewegung im See von Walenstadt, wo trotz herrschenden Ostwindes ein Fluten von S nach N bemerkt wurde[3]), das etwa 7 Minuten dauerte. Nach Bertrand[4]) wallten der Thuner und Brienzer See, besonders letzterer, sehr stark auf, traten über die Ufer, und die sie verbindende Aare schien für einen Moment in ihrem Laufe gehemmt. Bei Stein[5]), wo der Rhein den Bodensee verlässt, hob sich das Wasser für einige Augenblicke um etliche Fuss.

In Anbetracht des grossen Reichtums des zentralalpinen und besonders des schweizerischen Gebietes an warmen Quellen wird es kaum befremden, wenn wir hier entsprechend zahlreichen Unregelmässigkeiten begegnen. Dass die Erdbebenstösse empfunden wurden, darf verschiedenen Anzeichen zufolge als sicher gelten, wenngleich einige, darunter der vorsichtige Krüger, ausdrücklich bemerkten, ein eigentliches Erdbeben habe nicht stattgefunden. Stark war die Erschütterung jedenfalls nicht, aber in verschiedenen Städten,

---

1) Coll. acad. . . p. 630; J. H. R. . . p. 92;
2) Bertrand, Mem. Hist. . . p. 110; Coll. acad. 630.
3) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 111;
4) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 106;
Coll. acad. . . p. 630/31; Hoffmann . . p. 438;
5) wie 4;

so in Genf[1]), Neuchatel, Brieg, Basel u. a. liess sich die Erdbewegung wenigstens mit den blossen Sinnen feststellen; ja, man wagte sogar, die Richtung der Stösse zu bestimmen, was freilich zu keinem Resultate führte, wenigstens zu keinem übereinstimmenden[2]). Hingegen decken sich die Berichte über Störungen von Quellen und Brunnen. Zu Salins en Tarentaise[3]) blieb am 1. November die Salzquelle 48 Stunden lang aus, brach aber dann mit einer grösseren Wassermasse als früher wieder hervor. Dieselbe Küstengegend am Genfersee, die dem ungewöhnlichen Wasserschwall ausgesetzt war, konnte auch aussergewöhnliche Vorgänge in ihren Quellen beobachten. Zu Montreux, Blonay, Corsier, in der Gegend um Villeneuve, selbst bis nach Aigle im Rhônethal wurden sämtliche Quellen mehr oder weniger trübe[4]). Krüger bemerkt, dass am Fusse des Schweizer-Jura die Quellen in einer Entfernung auf 10 Meilen plötzlich sich trübten; wahrscheinlich meint er damit die französische und die schweizerische Seite, weil sich die Überlieferungen mit den Quellen des West- und Ostabhangs befassen. So blieb eine Quelle zu Boudry unweit Neuchatel, die sich in die Areuse ergiesst, für einen Augenblick völlig aus, floss jedoch nachher stärker, wenn auch getrübt den Felsen herab[5]). In verschiedenen Orten der Grafschaft Erguel[6]) nahmen, was man nie zuvor gesehen, die Quellen eine gelblich-graue Färbung an. An der Quelle der Orbe[7]) hörte man ein unterirdisches Getöse;

---

[1]) Phil. Trans. Vol. 49; p. 617;
Coll. acad . . . p. 332; 629; Hoffmann . . p. 399. 438;
[2]) Phil. Trans. Vol. 51; p. 575; 49 p. 620; J. A. E. M. . p. 28;
[3]) Ebel, Über den Bau der Erde im Alpengebiet Bd. 1. p. 191;
v. Hoff, Veränderungen d. Eroberfl . . p. 341.
[4]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 109;
Coll. acad . . p. 630; davon Hoffm. . . p. 437;
[5]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . . p. 109;
Coll. acad. . . p. 630; Hoffmann . . p. 438;
[6]) Bertrand, p. 112/113;
[7]) genau wie 5;

hierauf schien das Wasser für kurze Zeit zu steigen. Desgleichen liess sich aus einer gegen 300 Fuss tiefen Höhle bei Locle[1]) ein erschreckendes Getöse vernehmen. Diese wie die vorgenannten Veränderungen im Quellenstande sind auf die Zeit von 10 Uhr verlegt. Zu Kilchberg[2]) am Züricher-See floss eine schwefelige, bituminöse Quelle sehr stark und trübe; aus einem benachbarten Brunnen soll ungewohntes Geräusch gedrungen sein. Auffallend ist es, dass zu Basel[3]) leichte Erschütterungen und allerdings unwesentliche Beunruhigungen von Quellen erst nachmittags zwischen drei und vier Uhr wahrgenommen worden sein sollen.

Wenden wir uns nunmehr zum Südrande der Mittelalpen, so treffen wir hier die Verhältnisse wieder etwas anders an, insoferne nämlich im italienischen Gebiete die Erderschütterung mehr in den Vordergrund tritt. Die lombardische Hauptstadt Mailand[4]) wurde durch das Erdbeben ziemlich stark heimgesucht; man fürchtete für den Bestand der Stadt, so gross war die Erdbewegung; an dem Hin- und Herschwanken der Traghimmel in den Kirchen, dem Aneinanderstossen von Leuchtern und Lampen konnte man leicht die dort ungewöhnliche Erscheinung erkennen. In dem Flecken Abbiategrasso[5]) öffneten und schlossen sich von selbst die Thüren der Häuser. Zu Lodi, Pizzighetone[6]) und anderen Mailand benachbarten Orten soll das Beben schlimme Spuren hinterlassen haben, indem zahlreiche Kirchen beschädigt wurden und mehrere Häuser einstürzten. Turin[7])

---

[1]) Bertrand . . p. 110; 112/113;
[2]) Bertrand . . p. 110; Coll. acad. . . p. 629; Hoffmann . . p. 439;
[3]) Coll. acad. . . p. 629; Hoffm. . . p. 438.
[4]) Phil. Trans. Vol. 49; p. 613; Kant. . . p. 237; Coll. acad. . . p. 632/311; Hoffmann p. 437; Suppl. aux Refl. . . p. 35; Seyfart . . . p. 187;
[5]) Coll. acad. . . p. 631; Seyfart . . p. 188;
[6]) J. H. R. . . . p. 45;
[7]) J. H. R. . . . p. 45; Hoffm. . . p. 437;

hingegen verspürte nur ein ganz leises Erzittern des Erdbodens.[1])

Die oberitalienischen Seen blieben vom Erdbeben gleichfalls nicht unbeeinflusst, wenigstens verlautet vom Lago Maggiore[2]), es wären die Gewässer zweimal heftig gegen die Ufer angestiegen, insbesondere wird für die Seehäfen Arona und Intra[2]) ein starkes Steigen und Fallen des Wasserspiegels gemeldet. Übertrieben scheint wohl die Nachricht, wonach der ganze Comer-See[3]) um ein Beträchtliches gesunken wäre. In dem Kanale, der Mailand mit dem Tessin[4]) verbindet, rissen infolge des heftigen Flutens die an Seilen befestigten Fahrzeuge los. In dem Berichte „Beschreibung des Erdbebens ... Danzig" findet sich eine Notiz, derzufolge in der Gegend von Neapel[5]) Erschütterungen vorgekommen seien; diese sind jedoch dort, als in der Nähe des Vesuvs, keine abnorme Erscheinung, ferner sind sie auf eine etwas frühere Zeit zu verlegen. Im übrigen stimmen alle anderen Berichterstatter darin überein, dass von dem Lissaboner Erdbeben im südlichen Italien nichts verspürt wurde. Ausgeschlossen erscheint indessen nicht, dass die See ein ungewöhnliches Anfluten gegen die Küste erkennen liess.

Das Gebiet der Ostalpen scheint nur ganz schwach in den Erdbebenbereich vom 1. Nov. 1755 hereingezogen worden zu sein. Und es fällt wirklich auf, dass an jenem Tage wie auch die ganze folgende Periode hindurch der gesamte Alpenbezirk östlich der grossen Furche, die vom Bodensee zum

---

[1]) Nach „Degli orrendi Tremuoti" wäre das Beben in Turin stärker gewesen; auch Venedig hätte davon etwas verspürt. p. 32/33.

[2]) Suppl. aux Refl. . . p. 36; J. H. R. . . p. 9;

[3]) Hoffmann . . . p. 399; Kant . . p. 242; [erste Quelle war nicht aufzufinden!]

[4]) J. H. R. . . p. 9;

[5]) Beschr. d. Erdb. . Danzig 1756; p. 30;

Comersee führt, [Hochreinthal-Splügen-Comer-See] keine abnormen Erscheinungen aufzuweisen hat, wiewohl diese Gegend gewiss nicht zu den erdbebenarmen Stellen gerechnet werden darf. Nur ein einziger, aber interessanter Fall ist über den 544 m hochgelegenen Hechtsee bei Kufstein überliefert. Im Jahre 1761 eingetretene höchst ungewöhnliche Störungen des Wasserspiegels genannten Sees gaben berechtigten Anlass zu der Frage, ob nicht die gleiche Beunruhigung des Sees vor 6 Jahren auch mit dem Lissaboner Beben in Zusammenhang zu bringen sei, wie dies für den Vorfall im März 1761 möglich war. Die vom Jesuiten Unterrichter[1]) angestellten Nachforschungen ergaben: An demselben Tage und zur nämlichen Stunde, als das Erdbeben zu Lissabon so viel Schaden anrichtete, habe sich der Hechtsee bei Kufstein[2]), der bekanntermassen auch bei grösstem Ungewitter ruhig und klar bleibe[3]), plötzlich in der Mitte aufgebäumt und ausserordentliche Unruhe gezeigt; durch die mächtige Aufwallung wurde massenhaft Unrat aufgeworfen, der einen üblen Geruch verbreitete; das Wasser trat vielfach über die Ufer. Als Zeitpunkt für das Auftreten des Phänomens ist 11—12 Uhr mittags angegeben.

Nun fehlt es freilich nicht an Mitteilungen über Erdbebenanzeichen in Schwaben und Bayern, die für den 1. November zuträfen; insbesondere bringt die Collection Académique[4]) solche Nachrichten wie unbestrittene Thatsachen vor, doch liegt hier eine grobe Verwechslung vor. Eine genaue Prüfung sämtlicher Quellen muss unbedingt zu dem Resultate führen, dass am 1. November die schwäbisch-bayerische Hochebene durch das Lissaboner Erdbeben nicht

[1]) P. Josephus Unterrichter S. J.
„De aestu lacus Lucii in Tyroli dialogus".
Mense Julio anno 1761; Innsbruck;

[2]) Hechtsee = lacus lucius; Esox lucius = Hecht;
in der Nähe der Frillen- od. Pfrillensee (Pfrille, Elritze) und der Egelsee;

[3]) Leute aus der dortigen Gegend können das nicht behaupten.

[4]) Collection Académique . . p. 632; auch J. H. R.;

zu leiden hatte. Und sämtliche Störungen, wie sie z. B. für Cannstadt, Stuttgart, Donauwörth, Ingolstadt, Kempten u. a. verzeichnet werden, müssen den späteren Beben am 9. und 19. Dezember zugeschrieben werden. Nur ein ganz vereinzelter Fall über Beeinflussung von Magneten zu Augsburg[1]) darf als gut verbürgt gelten, wonach dort die Magnete ihre Anker abgeworfen hätten und die Nadeln in Unordnung geraten wären. Aus später zu erörternden Gründen dürfen wir allerdings fragliches Gebiet der Lissaboner Erdbebensphäre einreihen, aber der blossen sinnlichen Beobachtung entzogen sich die Wirkungen des Bebens. Dass schliesslich die Heilquelle zu Munzingen[2]) in Baden am 1. November eine unerwartet grosse Intensität gewann, brauchen wir wegen der Nähe des Schweizer Jura und namentlich des erdbebenreichen rheinischen Senkungsfeldes nicht gerade zu bezweifeln.

Zwei nachfolgende ausserordentliche Naturphänomene, die ihrer Örtlichkeit nach dem deutschen Mittelgebirge angehören, müssen wir vorläufig als isolierte Erscheinungen betrachten. Das eine ist die Störung des Salzunger Sees bei Meiningen in Thüringen. Derselbe soll sich gegen Mittag des 1. November bis auf den Grund zurückgezogen haben, so dass die Gradierwerke, die durch dessen Abfluss in der Stadt getrieben wurden, stehen blieben; bald darauf aber sei das Wasser wieder mit Heftigkeit emporgeschossen und noch lange habe ein gewaltiges Hin- und Herschwanken angehalten.[3]) Ludwig Bechstein bemerkt hiezu im „Allgemeinen Anzeiger der Deutschen“,[4]) was er von einem

[1]) Bertrand. Mem. Hist. et Phys. . . p. 115;
Coll. Acad. . . p. 632; Hoffm. . . p. 393;
Böhm. Abhandl. . . p. 223; Kant . . . p. 260;
[2]) Hamburger Correspondent, 1787 N. 127;
v. Hoff, Veränderungen . . . V. Teil p. 84.
[3]) Seyfart . . p. 207; J. H. R. p. . . 91.
Hoffmann . . . p. 400; Kant . . . p. 237.
[4]) Allg. Anzeiger der Deutschen. 75 Bd.; 1828. N. 20;

alten, aber verlässigen Manne über diesen Fall erfahren konnte: Das Wasser bildete in der Mitte des Sees einen trichterförmigen Wirbel und trat alsdann vom Ufer zurück; hierauf sprudelte das Wasser unter Getöse empor, entwurzelte Schilfrohre, und schmutziger Schlamm bedeckte die Oberfläche. Zugleich waren Erdstösse fühlbar, so dass der Türmer der Stadt zu stürmen begann. Da alles glücklich noch vorbeigegangen, habe der Herzog von Sachsen-Meiningen einen Busstag angeordnet.[1] Wenn sich dies thatsächlich so verhält, so erscheint es wohl glaublich, was eine Chronik[2] berichtet, dass nämlich ganz Thüringen erschüttert wurde, namentlich Mühlhausen und Gotha, wo die herzogliche Familie infolgedessen das Residenzschloss verlassen habe. Dem gegenüber bemerkt allerdings Poggendorff[3], dass er davon in dem herzoglichen „Fourier," wo doch alle Ereignisse der einzelnen Tage im Jahre aufgezeichnet wurden, nichts entdecken konnte. Ebenso bezweifelt Poggendorff[4], dass der See schon vor dem Erdbeben ungewöhnliche Bewegungen gezeigt habe. Wir werden übrigens später noch Gelegenheit finden, auf diese Erscheinung zurückzukommen[5].

[1]) Dieser Busstag wurde vom Herzog Anton Ulrich von Sachsen-Meiningen ausgeschrieben und auch am 10. II. 1756 gehalten. So verzeichnet in Acta hist. eccl. T. XX. p. 274.
Darauf hingewiesen in
„Joh. Adolf v. Schultes historisch-statistische Beschreibung der Grafschaft Henneberg". Bd. I—III; Hildburghausen 1794. p. 39 ff.

[2]) Chronica oder Sammlung alter und neuer Nachrichten von merkwürdigen Erdbeben . . . von M. J. A. W. Frankfurt 1756. p. 151. —

[3]) Poggendorff, Annalen der Phyik und Chemie, Bd. XIX. p. 471/72;

[4]) Poggendorff p. 449. —

[5]) Siehe Nachtrag p. 206 N. 2.

Berücksichtigt ferner noch in:
Pontoppidan . . p. 54; Bericht aus Prag; 13. Dez.;
Hoffmann . . . ; aus Phil. trans.
Kant, p. 237, 243; wie J. H. R.
Kries, Von den Ursachen der Erdbeben p. 29.
Gaea, 22. Band, p. 280. —

Weit mehr geklärt, ja sogar übereinstimmend autorisiert ist der zweite Fall, die Störung der heissen Quelle zu Teplitz. Der Hergang ist kurz folgender: Die Mineralquelle zu Teplitz[1]) floss an jenem Allerheiligentage zwischen 11 und 12 Uhr plötzlich gelblich und trübe, stellte dann auf eine Minute ihre Thätigkeit ganz ein, um aber dann mit solcher Macht hervorzubrechen, dass binnen einer halben Stunde sämtliche Bäder überschwemmt waren und die Badegäste die Räume verlassen mussten. Allmählich wurden die Quellen wieder klar, der Zufluss ward regelmässig, doch soll sich seitdem ein reicherer Fluss und eine um drei Grad höhere Temperatur bemerkbar gemacht haben. Ja, es soll seitdem zur Füllung der Bäder wesentlich weniger Zeit benötigt werden, und der Müller, der das ablaufende Wasser verwertet, könne täglich zwei Scheffel Getreide mehr mahlen.

III. Nordwesteuropäischer Bezirk.

(Kanalgebiet, Nordsee- und Ostseeländer).

In dem nunmehr folgenden dritten Kapitel sollen wir mit den absonderlichen Naturbegebenheiten eines weiteren Teilgebietes des gesamten Schütterbezirkes vertraut gemacht werden, das uns mehr nach dem Westen und Norden des europäischen Kontinents verweist; gemeint sind die Uferstaaten oder besser Uferränder des Kanals, der Nord- und Ostsee. Es braucht hiebei wohl kaum verraten zu werden, dass sich, was ja thatsächlich auch der Fall ist, die grosse Mehrheit der Erscheinungen auf Störung von Gewässern erstreckt, während der Bodenerschütterung nur eine mässige Bedeutung zugemessen werden kann. Doch lässt sich hier eine Scheidung der einzelnen Erscheinungsformen leichter vornehmen, so

---

[1]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 395; Brief vom Jan. 56;
Riegger, Böhmisches Archiv II. Abt. III. p. 64; p. 44/47;
Böhmische Abhandlungen, p. 232;
Degli orrendi Tremuoti . . . p. 35;
J. H. R. . . p. 48/49; J. A. E. M. . . p. 29;

dass also für die Aufzählung der Begebenheiten eine Dreiteilung angezeigt erscheint: Rein terrestrische Störungen, Beunruhigungen des Meeres und solche der Binnengewässer.

a) Terrestrische Störungen.

Das ozeanische Küstenland Nordwestfrankreichs scheint am 1. November eine leichte Bewegung verspürt zu haben, darauf deuten verschiedene Briefe aus Küstengegenden hin[1]). Zu Caën[2]) und Rouen, selbst in Versailles und Paris[3]) waren die Erdstösse deutlich fühlbar. Nicht gewiss, aber sehr wahrscheinlich ist es, dass die ganze Bretagne[4]) in das affizierte Gebiet mit hereingezogen wurde. Über die Niederlande treten schon bestimmtere Nachrichten auf. Nahm zwar auch hier das Beben einen recht gelinden Verlauf, so fanden doch eine Reihe von Städten Anlass, von dem Schwanken des Erdbodens berechtigte Notiz zu nehmen. So sind für Rotterdam[5]) leichte Schwingungen der Glocken konstatiert; ein merkliches Erzittern der Erde galt als Folge eines stattgehabten Erdbebens. Ein Talghändler zu Haag[6]) hörte zu seinem Erstaunen plötzlich in seinem Laden ein auffälliges Knistern und Rauschen, als dessen Ursache er bei näherer Prüfung das Aneinanderschlagen der aufgehängten Kerzen entdeckte. Zu Amsterdam und Leiden[7]) kam das Beben ebenfalls nur schwach zur Geltung, indem allein die Bewegung der Hängeleuchter in den Kirchen, sowie ein ganz schwaches Vibrieren des Bodens auf etwas Ungewöhnliches schliessen liess. In Lüttich und Spaa[8]) empfand

---

[1]) J. H. R. . . p. 9.
[2]) Coll. acad. . . p. 632; Hoffmann p. . . 436;
[3]) J. H. R. . . p. 9;
[4]) Beschreibung d. Erdb. . . Danzig 1756; p. 31.
[5]) Phil. trans. Vol. 49; p. 397;
Coll. acad. . . p. 632; Hoffmann p. . . 400;
[6]) Phil. trans. Vol. 49. p. 396; sonst wie 4;
[7]) Suppl. aux Refl. p. 32; Seyf. p. 192;
[8]) Seyfart p. 208;

man das Beben, vermochte jedoch hinterher keinen Schaden zu entdecken. Der Prior eines adeligen Familienstiftes zu Ellen, Bürgermeisterei Arnoldsweiler[1]) nördlich von Düren, der sich einem hinterlassenen Buche nach zu schliessen die Aufzeichnung aller Erdbebenerscheinungen dortiger Gegend zur peinlichen Aufgabe gemacht, berichtet, dass zur Zeit des Lissaboner Erdbebens vielfach Störungen vorgefallen seien. Für den 1. November weiss er jedoch nur von einem einzigen Falle zu erzählen, der sich in der Kirche zu Arnoldsweiler zugetragen habe. Der dortige Pfarrer teilte ihm nämlich mit, dass die in der Kirche frei hängenden Lampen plötzlich ohne jeden sichtbaren äusseren Anlass in Schwingung geraten seien.

Diese letztere Erscheinung ist schon mehr gegen das Innere des Kontinentes gerückt; immerhin dürfen wir sie aber zu den ungewöhnlichen Vorkommnissen des niederdeutschen Gebietes rechnen, mit dem wir uns nunmehr befassen wollen. Es wird sich dabei zeigen, dass Orte an grösseren und kleineren Landeinschnitten in bevorzugter Weise durch das Beben in Mitleidenschaft gezogen wurden. Aus Cuxhafen[2]), namentlich aus Glückstadt[3]) in der Elbebucht, liegen bestimmte Nachrichten über eine Erderschütterung am 1. November vor. Glaubhafte Personen bestätigten, dass Erdstösse, wenn auch schwache, empfunden wurden. In der Stadtkirche gewahrte man während der Predigt, dass sich der über dem Taufsteine hängende Deckel

---

[1]) Nöggerath in Schweiggers Journal für Chemie u. Physik, Bd. 53. 1828. p. 57.
[2]) Suppl. aux Refl. . . p. 34;
[3]) Curieuser Extrakt der neuesten Zeitungen Rostock. 14. Nov. 1755. N. 91 u. N. 90.
Archiv für Naturgeschichte von Meklenburg 19. Heft herausgeg. von Ernst Boll, Neubrandenburg 1851. p. 97.
Seyfart . . p. 200; J. H. R. . . p. 5;

sowie die Kronleuchter bewegten. In Hamburg[1]), wo man allgemein eine leise Erschütterung verspürte und die Hängeleuchter in den Kirchen ins Schwanken gerieten, verordnete sogar der Senat, Nachforschung über etwa beschädigte Häuser zu halten; es hat sich dabei aber nichts Auffälliges herausgestellt. Auch Lübeck und Travemünde wurden durch das Erzittern des Bodens aufmerksam, desgleichen die holsteinischen Orte Elmshorn, Barmstedt, Wilster, Kellinghusen und Meldorf[2]). In Rendsburg[3]) fingen um $^1/_2$12 Uhr die gegen 2000 Pfd. schweren, vom Deckengewölbe herabhängenden Kronleuchter der neuen Kirche, sowie der Zierart am Taufstein sich zu bewegen an. In dem östlich davon gelegenen Lunden in Dithmarschen[4]) konnte man infolge einer deutlich empfundenen Erderschütterung die Leuchter während der ganzen Predigt in starker Bewegung sehen. Über die Störungen in der Mecklenburger Seenplatte, die besonders in ihrem südlichen Teile betroffen wurde, liegen eingehende Nachrichten vor, speziell über Malchow und Umgebung. In der dortigen Klosterkirche[5]), gegenüber der Stadt auf einem Berge gelegen, empfand man, an eine Mauer gelehnt, einen Stoss, der dann auch den über dem Taufstein schwebenden Taufengel sich bewegen machte. Ein älterer Herr[5]), der das auffällige Erzittern der Erde wahrnahm, erachtete es sofort als die Folge eines Erdbebens. Nach einem vom Bürgermeister an den Herzog Christian Ludwig eingereichten Berichte[6]) machte sich zwischen 11

[1]) wie 2 nur Boll, p. 98 und „Zeitschrift des Vereins für Hamburgische Geschichte“, Bd. I, p. 275;

[2]) J. H. R. . . p. 5/6; Hoffmann . . . p. 440; Coll. acad. . . p. 632; Seyfart . . p. 201; Degli orr. Tremuoti . . . p. 33/34;

[3]) wie 1; ferner Boll — 19. Heft p. 99; bezw. Curieuser Extrakt N. 92. N. 93;

[4]) Seyfart . . . p. 202;

[5]) Rostocker Zeitung vom 29. XII. 1755 N. 104. Boll, 19. Heft. p. 101/102;

[6]) Rostocker Zeitung, 1856 N. 275. Beilage. Boll, 19. Heft p. 102/103.

und 12 Uhr eine unterirdische Regung zu Lande wie im See geltend, die jedoch nicht länger als einige Minuten dauerte. Der Bürgermeister erzählt, dass ihm selbst während der Arbeit plötzlich einige Aktenbündel vom Tische fielen, und die Tinte ausgeschüttet wurde. Seyfart[1]) hingegen, der die vorstehenden Erscheinungen ebenfalls anführt, hebt ausdrücklich hervor, in der Stadt selbst sei eine Erschütterung nicht verspürt worden. Wir dürfen ohne weiteres der ersten Darlegung Glauben schenken, und das umsomehr, als ein Herr Schröder[2]), Stadtsekretär zu Neustadt, ein geborner Malchower, dem Schweriner „Freimütigen Abendblatt 1824. N. 273" seine Empfindungen gelegentlich des Bebens (als Schulknabe), wie folgt, schildert: „Während der Schulstunden trat eine so heftige Erschütterung auf, dass ich und meine Geschwister uns an Fensterpfosten und Tischen festhalten mussten; der Lehrer, der eben umherging, musste sich setzen; es erfolgten in kurzen Zwischenräumen drei Stösse". Ein Geistlicher, namens Franke[3]), war eben in der Kirche, als er infolge einer heftigen Erschütterung, die in drei Stössen zum Ausdrucke kam, nicht wenig erschreckt wurde; desgleichen seine Beichtkinder; der dritte Stoss war mit einem heftigen Knalle verbunden. Die daraufhin eingeleitete Untersuchung ergab, dass die Mauer der Kirche in der Nähe des Altars, an der Westseite gegen den See zu, einen starken Riss erhalten, so dass man eine flache Hand hineinlegen konnte. Zu Treptow[4]) in Vorpommern entsprang aus einem Berge eine neue Quelle, der dann das Volk gleich wunderbare Wirkungen zuschrieb, indem es behauptete, der vom Wasser mitgeführte Sand löse sich im

---

[1]) Seyfart . . . p. 205.
[2]) Boll . . . 19. Heft. p. 104.
[3]) wie 2; aber Boll . . p. 105. —
[4]) Nützliche Beiträge zu den Strelitzer Anzeigen Jhrg. 1828. N. 23. Boll . . . XIX. Heft p. 106;

Munde wie Zucker; eine Untersuchung durch A. G. Masch ergab jedoch keine Anhaltspunkte dafür.

Einige wenige Fälle, die dem Festlande jenseits der Ostsee angehören, thun dar, dass auch das südliche Skandinavien die Folgen der Lissaboner Erdstösse verspürte. An den Ufern des Fryhen- und Stora-Sees[1]) in Schweden muss der Boden eine kräftige Wellenbewegung erfahren haben, denn es wird berichtet, die Erde senkte und hob sich unter Getöse. Im westlichen Gotland[2]) fühlte man starke Stösse, ja es sollen sogar drei grosse Bäume umgeworfen worden sein. Auch aus Darlekarlien und einigen anderen Provinzen rühren Berichte über empfundene Erdstösse.

Auf Grund der gewissenhaften Nachforschungen der Philosophical Transactions verfügen wir hinsichtlich der Erdbebenerscheinungen auf den britischen Inseln über ein ausführliches Material, das allerdings mehr auf Rechnung der Wasser- als der Bodenstörungen kommt. Wir müssen eben bei diesem nordischen Schüttergebiete bedenken, dass die Erdstösse nur in mässiger Stärke auftraten und sich die Wirkungen des Bebens in Anbetracht der Menge an freien und eingeschlossenen Wasserbecken mehr auf diese ausdehnten, bezw. hier zur Geltung kommen konnten, wie später gezeigt werden soll. Manche Berichterstatter begnügten sich kurzweg mit der Behauptung, terrestrische Störungen seien nahezu keine vorgekommen, anders die Phil. Trans.

In der Nähe von Reading in Oxfordshire, zu Caversham[3]), vernahm ein Kapitän plötzlich ein starkes Geräusch, wie wenn vom Hause Mauerstücke herabfielen; das bestätigte sich zwar nicht, aber ein Weinstock und zwei Zwergbäume, die an der Wand des Hauses gezogen wurden, waren erheblich beschädigt; das geschah in der Zeit um

---

[1]) Coll. acad. . . . p. 632/33; Hoffmann . . . p. 443.
[2]) Suppl. aux Refl. . . p. 34; —
[3]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 366; Hoffmann . . . p. 441;

11 Uhr. Zu Petworth[1]), südöstlich von London, bekam ein Felsen einen bedeutenden Riss, zwei Fuss breit und zwei Yards[2]) hoch. Der Berichterstatter geht zwar sicher, indem er die Möglichkeit offen lässt, dass der Riss schon länger bestehe und nur nach dem Beben Gegenstand erhöhten Interesses geworden. Einige Leute in der Grafschaft Kent[3]) wollen eine deutliche Erderschütterung empfunden haben. Unverkennbare Anzeichen eines Erdbebens lagen in den Gruben von Derbyshire[4]), zu Ashford bei Bakewell, vor. Drei Arbeiter erklärten auf das Bestimmteste, ein heftiger Stoss hätte sie um 11 Uhr ungefähr in grossen Schrecken versetzt; sie waren auf ihre Rettung bedacht, da erfolgte ein noch stärkerer zweiter Stoss, dem sich noch drei leichtere anschlossen. Es waren zwar verschiedene Stücke des Gesteines herabgefallen, doch blieben die Stollen selbst unversehrt. Dabei ist eine Thatsache besonders erwähnenswert, dass nämlich ein Arbeiter, der etwa 6 Faden[5]) tiefer beschäftigt war, von dem ganzen Vorgange nichts merkte. Einem weiteren Berichte zufolge wurde ein Aufseher in seinem Zimmer plötzlich vom Stuhle in die Höhe gerissen, und das Kalkwerk löste sich zum Teil von der Mauer[6]). Ein Fuhrmann[7]) bemerkte auf einer viel benützten Strasse in der Nähe der Mine gegen Abend eine sechs Zoll breite und 150 Yards lange Spalte, von der er auf dem Hinweg noch nicht die geringste Spur entdecken konnte. Erst nach drei Monaten begann die Spalte sich allmählich wieder zu schliessen. Endlich wird auch aus Whitehaven[8]) in

---

[1]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 359; Hoffm. . . p. 410;
[2]) 1 Yard = 0,914 m; also etwa 1,80 m.
[3]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 360.
[4]) Phil. trans. Vol. 49. p. 400; Hoffm. . . p. 401;
[5]) 1 Faden = 1,828 m; also etwa 11 m.
[6]) Phil. Trans. Vol. 49. p. 399;
[7]) wie 6.
[8]) Beschreibung des Erdbebens, . . . Danzig; p. 30.

Cumberland berichtet, dass dort ein starkes Erdbeben stattgefunden, ja sogar einige Verwüstung angerichtet habe. So weit die Beobachtungen für England.

Für Irland[1]) ist nur von einer einzigen Unregelmässigkeit etwas mitgeteilt, über die Erschütterung der Stadt Cork und der benachbarten Küstengegend. Es wurde das Beben merklich verspürt, hielt aber nur eine Minute an.

b) Störungen des Meeres.

Soll die Wasserbewegung des nordöstlichen Atlantik und seiner Mittelmeere, der Nord- und Ostsee, hinsichtlich ihrer Ausdehnung mit einem Ausdrucke charakterisiert werden, so muss man sie als eine allgemeine bezeichnen. Denn von den irischen Gewässern und dem westlichen Kanal angefangen bis zum Finnischen und Bottnischen Meerbusen zeigte sich der Wasserspiegel durch mehr oder weniger starke Oszillationen beunruhigt, die bisweilen Küste und Küstenbewohner ernstlich gefährdeten. Allenthalben liefen in der Zeit nach dem Erdbeben Berichte über ungewöhnliche Wasserstörungen ein, die vielleicht an manchen Orten keine Beachtung gefunden hätten, wenn eben nicht das Phänomen angesichts des schönsten Wetters bei völliger Windstille und normalem Barometerstande für sich hätte das Gepräge des Ausserordentlichen beanspruchen müssen.

Das südwestliche Gestade Frankreichs scheint, abgesehen von einer heftigen Anschwellung der Garonne bei Bordeaux[2]), keine absonderlichen Wasserbewegungen erlebt zu

[1]) Phil. trans. Vol. 49. p. 393;
Hoffmann . . . p. 442;
Seyfart p. 191;
Beschreibung des Erdbebens, . . Danzig . . p. 30;
J. H. R. . . p. 45; Kant . . . p. 237;
[2]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 114;
Seyfart . . . p. 186;

haben, wenigstens finden sich darüber keine Notizen. Dagegen traten im Ärmelkanale die Beunruhigungen um so stärker auf, so an der Küste der Bretagne[1]) und der Normandie (Hâvre), namentlich aber dem niederländischen Gestade entlang, wo sich die Aufregung der Wassermassen bis in die Flüsse und Kanäle ausdehnte. Über diese Erscheinung besitzen wir genügend Detailnachrichten, die einen ziemlichen Überblick gestatten. In Rotterdam[2]) sank infolge des mächtigen Rückzuges der Wassermassen ein Kauffahrteischiff so rasch, dass es am Boden in Stücke zerschellte. Zu Leiden[3]) war wenige Minuten nach dem ersten Erdstoss das Meer etwa einen Fuss über das gewöhnliche Niveau gestiegen, die verankerten Schiffe schlugen heftig gegeneinander; im Hafen zu Amsterdam[4]) rissen mehrere Fahrzeuge von den Tauen los. Überhaupt geriet das gesamte Wassernetz Hollands[5]), in Utrecht, Geldern und Friesland, in Unruhe; von beteiligten Städten sind noch Gouda, Leerdam und Heukelum erwähnt. Für sämtliche Erscheinungen[6]) ist die Zeit gegen 11 Uhr mittags.

Besonders auffällig zeigte sich diese Wasserirritierung in der Elbebucht. In Glückstadt[7]) schlug die breite Elbe bei ganz stillem Wetter ungewohnt hohe Wellen, Schiffe wurden von Stricken und Ketten losgerissen. Diese Bewegung, die sich um $^1/_2$12 Uhr bemerkbar machte, hielt, allmählich

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 33;
Coll. acad. . . p. 632;
[2]) Phil. trans. Vol. 49. p. 396; Seyf. . . p. 192;
[3]) Phil. trans. Vol. p. 397; Hoffmann p. 400;
[4]) Suppl. aux Refl. p. 32; Seyf. . . p. 192;
[5]) Coll acad. . . p. 632;
[6]) Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 111/12;
Hingewiesen auf: „Observations d'histoire naturelle . . . . . dans les eaux en Guelder, en Hollande et ailleurs le 1. Nov. 1755. La Haye“. —
[7]) Seyfart . . p. 200; J. H. R. . . p. 5;
Boll, Archiv für Naturgeschichte . . . 19. Heft, p. 97.

an Kraft verlierend, noch bis etwa 1 Uhr an. Bekanntlich waren ja die Erdstösse dortselbst kaum fühlbar geworden, und doch verzeichnet ein Glückstädter Bericht diese „Erdbebenerscheinung" schon am 5. November, zu einer Zeit also, wo die Kunde von der Lissaboner Katastrophe unmöglich angelangt sein konnte[1]). Einer sicheren Meldung ist zu entnehmen, dass zu Hamburg[2]) das Wasser im Stadtkanal wie in der Alster derart erregt war, dass sich Wirbel bildeten, und vom Boden Schlamm in die Höhe geworfen wurde. Auch die Elbe schwoll bedeutend an. Am äussersten Ende der Bucht bei Cuxhafen, sowie an der sogenannten Schwinge(?) war das Meer sehr unruhig, und zu Husum, einem Hafen an der Westküste der kimbrischen Halbinsel, tobte zwischen 12 und 1 Uhr das Meer wie beim ärgsten Sturme. Bei Schobull und Hockersbull (?) lösten sich die Fahrzeuge von ihren Ankern und trieben nach allen Richtungen[3]).

Die Aufregung des Meeres umfasste auch noch das Ostseebecken; darauf lassen verschiedene Nachrichten schliessen. Pontoppidan[4]), der dem Erdbeben eine Ausdehnung höchstens bis zur Eider einräumt, sieht die allenthalben beobachtete oscillatio als die Folge des Stosses oder Druckes aus weiter Ferne an. Åbo in Finnland darf als der nord-östlichste Punkt gelten, über den noch eine sichere Nachricht überliefert ist. Dort soll um 12 Uhr der Fluss Aurasoki[5]), der die Stadt durchfliesst, in schreckliche Unruhe gekommen sein, das aufwirbelnde Wasser Schlamm

[1]) Am 29. November brachte die „Hamburger unparteiische Correspondenz" die erste Nachricht aus Lissabon.

Zeitschrift d. Ver. für Hamburgische Gesch. Bd. I. p. 275.

[2]) Phil. trans. Vol. 49 p. 552. —

[3]) Seyfart . . p. 198/99; J. H. R. . . p. 6/7;
Boll 19. Heft, p. 99: Kant . . p. 240;

[4]) Pontoppidan . . Ursache der Erdbeben; p. 25.

[5]) Seyfart . . p. 193; —

emporgetrieben haben. Fluss- wie Meeresbewegung dauerte aber nur ungefähr eine Viertelstunde.

Die Küsten der britischen Inseln erfuhren die gleichen Beunruhigungen; der Betrachtung dieser werden wir jedoch erst im Vereine mit der Störung der dortigen Binnengewässer näher treten.

Das Lissaboner Beben ist durch eine Art von Begleiterscheinungen für alle Zeiten besonders charakteristisch geworden, nämlich durch die ganz auffallende Störung von Binnengewässern, namentlich von Binnenseen, die wiederum zumeist auf die norddeutsche Tiefebene entfallen. Es ist diese Thatsache schon vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Erörterung geworden, und wir werden später noch diesen Punkt aufgreifen müssen, vorläufig mögen mit Folgendem lediglich die Thatsachen registriert werden.

Zu Le Hâvre[1]) konnte man um 1/2 11 Uhr, als eben die meisten Leute in der Kirche waren, die bemerkenswerte Beobachtung machen, dass sich im dortigen bassin, [offenbar das Dock oder Binnenhafenbassin gemeint] plötzlich eine heftige Wasserbewegung einstellte, wodurch die Schiffe wie auf offenem Meere aneinander geworfen wurden. Gleichzeitig hatte sich im freien äusseren Hafen das Meer zurückgezogen. Beide Erscheinungen hielten nur kurze Zeit an. In dem nahen Bleville[1]) trat in einem 50 Klafter langen und 10 Klafter breiten Wasserbecken das Wasser von dem einen Ufer derart zurück, dass der Boden 10—12 Fuss breit trocken lag, was sich 5—6 mal wiederholte. Gleichzeitig damit gewahrte man zu Gainneville[2]), drei Meilen von Le Hâvre, eine stürmische Erregung eines Wassertümpels, der durch einen etwa fünf Fuss breiten Damm von einem jener Gräben getrennt ist, die man in jener Gegend zum Zwecke der

[1]) Suppl. aux Reflexions . . p. 28—30.

Düngerablage anlegt, gewöhnlich „Rotteurs“ genannt. Das Wasser des Tümpels schlug damals über den Damm hinweg in einen solchen Graben. Der Fluss Orne[1]) wurde bei Thoury-Harcourt mit grosser Gewalt über die Ufer getrieben, so dass nach der Aussage eines Pfarrers das Bett teilweise bloss lag, und ein Schiff in die Ebene hinausgetragen wurde. Derselbe Geistliche versichert, es hätten sich in einem Teiche bei Quilly(?)[2]) ähnliche Störungen gezeigt, und eine sonst wasserarme Quelle hätte durch unerwartet reichlichen Fluss beinahe eine Überschwemmung hervorgerufen. Erst nach zwei Tagen soll der normale Stand wieder eingetreten sein.

Aus Holland verlauten über derartige Unregelmässigkeiten keine speziellen Nachrichten, dagegen umsomehr aus dem Schleswig-Holsteinischen Bezirke. Die Eider zeigte bei Rendsburg[3]) eine ungewöhnlich starke Anschwellung, desgleichen der Stöhrfluss bei Itzehoe[4]), wo ein Floss ans Land geschleudert wurde; mehrere Gewässer stiegen plötzlich so rasch an, dass man eine Überschwemmung befürchtete. Es ist bei allen Angaben ausdrücklich betont, dass völlige Windstille herrschte. Darum musste es auch auffallen, wenn das Gewässer, das die Steinburgerschanze[4]) umgiebt, über die Ufer trat, oder wenn zu Uetersen[4]) das Wasser unruhig wurde und zu brausen anfing. Zu Lunden[4]) in Dithmarschen geberdete sich die Eider wie beim heftigsten Sturme. Ein Fischteich zu Hohenfelde[4]) wurde ebenfalls durch eine merkliche Erschütterung in Unruhe versetzt.

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 31: südlich von Caën!
[2]) wie 1.
[3]) Seyfart . . p. 201; J. H. R. . . p. 6;
Degli orr. Trem. . . p. 34;
[4]) Seyfart . . . p. 198; J. H. R. . . p. 7;
Suppl. aux Refl. . . p. 33;
Degli orr. Trem. . . p. 34;
Coll. acad. . . p. 632; Hoffm. . . p. 440.

Diese Wasserbewegungen nahmen mit der Ausdehnung nach dem Mecklenburg-Pommerschen Seengebiet an Zahl und Intensität nur zu. Zu Lübeck[1]) schien gegen Mittag das Wasser der Trave wie plötzlich 4—5 Fuss in die Höhe geworfen, die Ufer wurden überflutet, ein an Ketten befestigter Pram brach ab, ein neues Schiffsboot ging in Trümmer, die in den Boden zum Zwecke der Befestigung der Fahrzeuge eingerammten Pfähle wurden zum grössten Teile gelockert und auf die Seite gebogen[2]). Zu Dummersdorf[3]), eine Meile von Rostock, wurde zwischen 11 und 12 Uhr bei ruhiger Luft das Wasser eines Teiches ungewöhnlich bewegt. Sechsmal liefen die Wellen vom und zum Gestade. Man mass hinterher die erreichte Höhe, die zwei Fuss betrug; von einer Erschütterung des Bodens verspürte man dagegen nichts. Am grossen See zu Plön[4]) machten sich die Leute, die dort mit Waschen beschäftigt waren, infolge der plötzlich aufgetretenen Flut voller Schrecken davon. Vom Boden des Sees wurden Steine, mit Unflat bedeckt, ans Ufer geworfen; das Wasser nahm eine blauschwarze Färbung an; nach einer halben Stunde trat Ruhe ein. Recht interessant ist die Erfahrung, die Leute auf dem See selbst machten. Diese fuhren eben in den Gewässern bei Nehmt und Ascheberg und sahen wohl in der Ferne den See so schrecklich toben, selbst hatten sie jedoch darunter nicht zu leiden. Uber die Bewegung des Plauer bezw. Malchower-Sees erzählt die Rostocker Zeitung[5]):

---

[1]) Seyfart . . p. 203/203;
Boll. Archiv für Naturgeschichte, Meklenburg; 19. Heft. p. 98. —

[2]) Lübecker Anzeiger 1755, Stück 45, p. 183. [Glaubt an eine unterirdische Ursache: Walfisch, Wasserhose].

[3]) Rostocker Zeitung 1755; vom 12. und 17. Dezember.
Curieuser Extract . . . N. 99, N. 101;
Boll, Archiv für Naturgeschichte . . 19. Heft. p. 100;

[4]) Seifart . . p. 199; J. H. R. . . p. 7.

[5]) Rostocker Zeitung 29. Dez. 1755. N. 104.

Am 1. Nov. wehte ein mässiger Wind von Norden; da auf einmal, es war die Zeit zwischen 11 und 12 Uhr, wurden die Gewässer, die die Stadt Malchow gleich einer Insel umschliessen, so heftig erregt, dass es Wellen von 3—4 Fuss Höhe gab und die Haustreppen der nahen Häuser überflutet wurden; darauf zog sich die Welle mächtig zurück. Kähne wurden losgerissen und fortgetrieben; andere, die seit langem am Boden festlagen, riss die Wucht des erregten Wassers wieder in die Höhe und mit sich weiter in den See, der durch seinen Rückzug 8 - 10 Fuss Vorland schuf[1]). — Nach den Angaben des schon früher zitierten Stadtsekretärs Schröder[2]) war im See ein Geräusch und Getöse vernehmbar, das dem Rollen stark beschlagener Wagen über ein Steinpflaster ähnelte. Er eilte rasch an das Seeufer und konnte eben wahrnehmen, wie das Wasser sich im Kreise drehte, dann aber gegen zehn Schritte sich zurückzog; Mägden, die am See wuschen, wurden die Waschzuber mit fortgerissen. Bald aber kehrte die Woge zurück, Steine und Gerölle mit sich führend. — Ein Herr von Raven zu Nossentin am Kölpiner-See[3]) bemerkte während eines Spazierganges auf dem 14 Fuss hohen Walle seines Gartens, wie sich im Wasser des Sees ein Kräuseln zeigte, wobei ein donnerndes Getöse zu vernehmen war; zugleich aber empfand er drei starke Erderschütterungen, das Wasser zog sich vom Ufer etwa 16 Fuss zurück und kehrte mit solcher Wucht, dass er durchnässt wurde. — Am Müritz-See zeigten sich ähnliche Erscheinungen, ebenso in verschiedenen kleinen ukermärkischen Seen, es sind das der Templiner-, Metzo-,[4]) Mahlgast-,[5]) Röddelin- und Libbe-

---

[1]) Rostocker Z. 1856. N. 275. Beilage.
[2]) Schweriner Freimütiges Abendblatt 1824. N. 273;
[3]) Boll, Archiv-Meklenburg. 19. Heft, p. 105;
[4]) Metzo, Netzo, Netza?
[5]) Mahlgast, Mühlgast, Mulgast?

See[1]). Die Gewässer begannen unter starkem Brausen zu sieden, stiegen dann rasch an und zogen sich rasch und mit Gewalt zurück, was sich 6—7 mal wiederholte. Leute, die mit Fischfang gerade zu thun hatten, kamen zwei Fuss tief ins Wasser zu stehen und waren grosser Gefahr ausgesetzt, bei der Rückflut mit fortgerissen zu werden. Nach Seyfart hätten sie einen unerträglichen Geruch aus dem See verspürt.

Schliesslich erscheinen noch einige Fälle beachtungswert, die allerdings mehr dem inneren Deutschland angehören, es sind das eine abnorme Wasserbewegung der Lahn, Rhume und Oder. Schiffer[2]), die bei Giessen auf der Lahn fuhren, versicherten, dass sie eine Wasserbewegung bemerkt hätten, wie sie dort noch nie erlebt. Die Kähne gingen auf und nieder, erlitten aber keinen Schaden. Die ungewöhnliche Erscheinung auf der Rhume muss sich an einer Stelle kurz vor ihrer Mündung in die Leine beim Dorfe Hollenstedt zugetragen haben. Es heisst nämlich[3]): Gerade um 11 Uhr, als zu Hollenstedt die Mittagsglocke läutete, lief mit einem Male das Wasser in einer Ecke unter lautem Geprassel im Kreise herum, nachdem es zuvor einen Wirbel gebildet hatte, gleich als wollte es sich in die Tiefe stürzen. Rasch darauf entstand ein zweiter Wirbel, und dann zogen sich die Wassermassen mit solcher Heftigkeit gegen das gegenüberliegende Ufer, dass hier das Wasser 13 Zoll stieg, während dadurch das andere, wo sonst zwei

[1]) Boll wie Seite 73 N. 3, aber p. 107; Seyfart . . p. 206.
J. H. R. . . p. 8; Phil. trans. Vol. 49. p. 552;
Coll. acad. . . p. 632; Hoffmann . . p. 440;
Suppl. aux Refl. . . p. 34/35;
Mercur de France; Janv. 1756. —

[2]) Seyfart . . . p. 213;

[3]) Seyfart . . . p. 210; entnommen den Hannoverischen Anzeigen 1756; 8. Stück.
Riegger, Böhm. Archiv. II., p. 65;
Abhandlungen einer Pr. Gesellschaft in Böhmen, p. 234.

Fuss tiefes Wasser war, trocken gelegt wurde. Die ausgleichenden Bewegungen hielten noch eine Viertelstunde an. — Aus der gleichen Quelle erfahren wir ferner, dass sich auch ein Erdfall zutrug, wobei 2 Quellen mit ziemlich starkem Laufe zum Durchbruche gelangten. Nach der Versicherung mehrerer Hollenstedter hätten sich dort schon öfters solche Quellen gezeigt; im Winter dampfe das Wasser, wenngleich der Kolk, [ein Altwasser] der Schauplatz dieser letzten Erscheinungen, zugefroren sei. Ein Arbeiter will gesehen haben, wie an der Stelle des ersten Wirbels ein dickes, leimiges Wasser klumpenweise hervorgedrungen sei und in einer kugligen Gestalt, allerdings nur für kurze Zeit, das übrige Wasser überragt habe. — Dabei ist wohl zu beachten, dass von einem etwa stattgehabten Erdbeben mit keinem Worte die Rede ist. — Der dritte Fall betrifft eine Beunruhigung des Oderflusses[1]) bei Garz, wo sich plötzlich eine starke Bewegung bemerkbar machte; das Wasser trat über die Ufer, an Pfählen angelegte Kähne wurden losgerissen, die Pflöcke selbst aus dem Boden gezogen; erst nach einer halben Stunde trat Ruhe ein.

Diese eigenartige Bewegung von Binnengewässern lässt sich jedoch noch über die Ostsee hinaus verfolgen. Im südlichen Schweden, das reich mit Seenbildungen durchsetzt ist, namentlich aber in jenem Tieflandsstreifen, der vom Glommen zum Finnischen Meerbusen sich hinzieht, traten damals nicht wenige Fälle von Störungen auf. Der Stora-See und Fryhen-See[2]), nordwestlich von dem grossen Wenern-See, schlugen zur Mittagszeit solche Wellen,

---

[1]) Klöden, Beiträge . . p. 47; Seyfart . . p. 203; Boll, Archiv, Meklenburg, 19. Heft, p. 106;

[2]) Coll. acad. . . p. 632/33; Hoffmann p. 443; Bertrand, Mem. Hist. et Phys. . . p. 109; Seyfart . . p. 193; J. A. E. M. . . p. 26; Riegger, Böhm. Archiv. II. p. 66; Böhm Abhandl. . . . p. 234.

dass auf 5—6 Ellen vom Ufer alles Bewegliche weggeschwemmt wurde. In ähnlicher Weise wurde der Wenern-See selbst in seinem südlichen Teile bei Wenersborg beunruhigt, ebenso der Mjör-See bei Alingsås, wo die meisten Flösse ans Ufer geschleudert wurden; die gleiche Beobachtung konnte man an der Mündung des Göta-Elf bei Götenborg[1]) machen. Die Gewässer Gotlands, Dalekarliens und Wermelands sollen übrigens durchgehends in Unruhe geraten sein. Zu Torsang in Dalekarlien, unweit Falun, stieg gegen Mittag der Dal-Elf unter Rauschen und Toben mächtig an den Ufern empor; Boote wurden losgerissen. In dem benachbarten kleinen See bei Milsbo, ferner in einem Gewässer des Kirchspiels Wüka traf es sich ähnlich[2]).

Wohl zu beachten ist die Thatsache, dass auch in dem weit mehr gebirgigen Norwegen Wasserstörungen vorkamen. In der Gegend von Larwik[3]) (Laurwig), südwestlich von Christiania, begann plötzlich das Gewässer Faris so zu brausen und zu wüten, dass Leute auf dem See nur mit Mühe das Land erreichen konnten. Ein gezimmertes Floss wurde mit grosser Gewalt auseinander gerissen, so dass die einzelnen Stücke aufrecht im Wasser tanzten. Im See Porsgrund[4]) zeigten sich auch die Unregelmässigkeiten; aber hier nahm man davon keine ernstliche Notiz, weil in dieser Gegend das Meer (der See ist eigentlich eine Meeresbucht) schon öfters bei Windstille in so starke Bewegung geriet, dass Schiffe von den Tauen und Ankern losgerissen wurden. Dagegen fiel das Phänomen mehr in den Mandals- und Huitsöer-Gewässern[4]) [zu

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . . p. 34; aus Mercur de France. Fevr. 1756;

[2]) Seyfart . . p. 194/95. —

[3]) Seyfart . . p. 195; J. H. R. . . p. 89;

[4]) wie 3; Pontoppidan erwähnt ferner noch des Sees Hemen (?) dann der Gewässer bei Halle und Lauens (?)

Oevre-Thelemarken, in den Vessfielden, im Kirchspiele Lourdal und Huitsöe] auf, wo Boote und Pramen weggeschwemmt, die grossen Ufersteine überspült wurden. Die Leute, die mit dem Kahne zur Kirche in Huitsöe fuhren, konnten nur mit grosser Anstrengung das Ufer erreichen. Dabei ist wohl zu bedenken, dass diese süssen Gewässer 3--4 Meilen oberhalb der Stadt Scheen gelegen sind und keine Verbindung mit dem Meere haben. Es soll übrigens ein leichtes Erdbeben verspürt worden sein. — Ein gewisser Svend Nielsen erzählt[1]), dass er am 1. Nov. bei ruhigem Wetter das Wasser des Holts-Fjordes[2]) ansteigen sah, so dass er sich rasch in Sicherheit brachte; gleich darauf aber fiel es ebenso rasch und entsprechend tief zurück; das dauerte, es war eben Mittagszeit, während einer halben Stunde beständig wechselnd fort. Diese Thatsache bestätigen auch ein gewisser Peter Tostensen und Friedrich Olsen, nach denen das Wasser mehr als einen Faden hoch angewachsen sei. Es ist übrigens hier auch die Rede von den Flammen, die aus dem Meeresboden aufgeschlagen hätten, doch wurde hinsichtlich dieses Punktes der Berichterstattung Pontoppidans stets berechtigter Zweifel entgegengebracht[3]). —

Über die ungewöhnlichen Oscillationen der Gewässer an den Küsten der britischen Inseln und deren Seen hat die Royal Society zu London ausführliche Berichte in Menge gesammelt, die sämtlich in den Philosophical Transactions Aufnahme fanden. Genau zur selben Zeit, so heisst es in der Überschrift des betreffenden Kapitels[4]), als die

---

[1]) E. Pontoppidan, Bedenken über die Ursache der Erdbeben, übers. von Menzel; Kopenhagen 1757; p. 57 ff.

[2]) Holts-F. = Holzbucht;

[3]) Günther, Lehrbuch der phys. Geographie, Stutgart 1891, p. 169;

[4]) Philosophical Trans. . . Vol. 49. p. 351.

heftigsten Erd- und Wasserbewegungen auf verschiedenen Teilen des Erdballs ausdrücklich verspürt wurden, erregte eine ausserordentliche Wasserbewegung an den Küsten wie im Binnenlande die Verwunderung der Beobachter. — Die einzelnen Erscheinungen mögen hier in möglichster Kürze Berücksichtigung finden.

Zu Portsmouth[1]) in Hampshire in den Docks starke Wasseranschwellung um $10^h\ 35^m$; in Sussex[2]) und im südlichen Teile von Surrey ähnliche Erscheinung; so zu Busbridge[3]) in der Nähe von Godalming in Surrey um ½11 Uhr; zu Midhurst[4]), beobachtet von einem Gärtner; zu Lee[5]) bei Busbridge, gesehen von einem Müller; zu Guildford[6]) um dieselbe Zeit; [drei Berichte darüber], zu Kent[7]) und in zwei benachbarten Orten: Tunbridge-Town und Eatonbridge; zu Roterhite[8]); zu Perless-Pool[9]) nahe der Old-Street Londons; zu Rochford[10]) zu Berkshire[11]) bei Reading; in dem benachbarten Earley-Court;[12]) zu Shirnburn Castle[13]) in Oxfordshire; zu Darmouth[14]), zu Patmerhall[15]), zu Taxted in Essex[16]); zu Royston[17]); zu Plymouth[18]) in der Mountsbay, zu Penzance in Devonshire, in der Crunill-Passage, (zwei Meilen westlich von Plymouth), zu Newlyn am Guauas-See[19]), in dem Hafen Heyle[20]) vier Meilen nördlich am Severn-See; zu Swansea[21]) in Wales, im Georgskanal, zu Norwich[22]), zu Yarmouth[23]), zu Hawkeshead[24]) in Cumberland; in einem Teiche bei Durham[25]), schliesslich zu Liverpool[26]). Uberall an den ebenbezeichneten Punkten treffen wir die bekannten Unregelmässigkeiten in mehr oder weniger schroffen Form an. So weit das englische Gebiet.

[1]) Philosophical Trans. . . Vol. p. 351/52; [2]) p. 353: [3]) p. 354; Seyfart . . p. 190; [4]) p. 355 und 359; [5]) p. 356; [6]) p. 356; [7]) p. 360; [8]) p. 360; [9]) p. 362; [10]) p. 364; [11]) p. 365; [12]) p. 367; [13]) p. 368; [14]) p. 643; [15]) p. 684/85; [16]) p. 685; [17]) p. 685; [18]) p. 372; [19]) p. 376; [20]) p. 377; [21]) p. 379; [22]) p. 380; [23]) p. 380; [24]) p. 381; [25]) p. 385; [26]) Hoffmann, p. 401.

Von den Seen Schottlands zeigte der Loch-Ness[1]) gegen 11 Uhr mittags die grösste Unruhe; ähnliches verlautet von Loch-Lomond[2]), Loch-Long[3]) und Loch-Ketturin; zu Edinburgh[4]) soll die Störung schon um 10 Uhr erfolgt sein.

Zu Cork[5]) in Irland trat kurz nach dem Erdstosse, es war gerade Ebbe, eine so gewaltige Flut ein, dass die Marktquais überschwemmt wurden; alle Fahrzeuge wurden von den Ankern gelöst; ähnlich ging es in dem benachbarten Kinsale[6]) her, wo eine Schaluppe mit 60 Tonnen Gehalt trotz neuer, starker Taue losgerissen wurde; Fischerboote versanken grösstenteils; das Wasser stieg und fiel alle Viertelstunde, war schwärzlich und verbreitete einen moderigen Geruch.

IV. Schütterbezirk der West-Atlantik.

Die Betrachtung des vierten und letzten Teilschüttergebietes führt uns hinüber nach der Neuen Welt; denn selbst bis zu den fernen Küsten Amerikas pflanzten sich die Wirkungen des Bebens fort und affizierten den Strich von den Antillen angefangen über den östlichen Küstenstreifen der heutigen Vereinigten Staaten bis zum Ontario-See und Lorenzostrom.

Die Kleinen Antillen[7]) empfingen den ersten Stoss nachmittags gegen drei Uhr; zu Antigua stieg die Flut bis zu zwölf Fuss senkrecht an, fiel dann zurück und kehrte

---

[1]) Philosophical Trans . . . Vol. 49. p. 385; [2]) p. 389;
[3]) Hoffmann . . p. 401;
[4]) Phil. Trans. . . Vol. 49 p. 551.
[5]) Phil. trans. Vol. 49. p. 393; Seyfart . . p. 191;
[6]) Phil. trans. Vol. 49. p. 377; Seyfart . . p. 190;
[7]) Phil. trans. Vol. 49. p. 668;

mächtig wieder. Zu Barbados[1]) hob sich eine Stunde nach Eintritt des Erdbebens der Wasserschwall mehr als fünf Fuss in die Höhe; Flut und Rückflut wechselten alle 30 Minuten, an Intensität sich allerdings stets vermindernd. Auf der Insel Martinique[2]) breitete sich das Wasser über die Küstengegend aus, liess aber beim Rückzuge gegen eine Meile breit den Strand trocken. Auf Saba soll die Flut gleich 21 Fuss hoch angewachsen sein. Aus Pernambuco[2]) brachten Schiffer die Nachricht, dass dort in der portugiesischen Niederlage alles zu Grunde gerichtet sei; nur durch Zufall sei der Prediger der englischen Faktorei dem Tode entronnen. Einem Berichte aus Boston zufolge empfand man dort mittags 12$^1/_2$ Uhr mehrere heftige Stösse; ganz Pensylvanien wurde durch eine leichte Erschütterung in Unruhe versetzt. In der Nähe des Ontario-Sees[3]) will man schon in den letzten Tagen des Oktober Bodenschwankungen wahrgenommen haben; am 1. Nov. aber stieg der See unter grossem Ungestüm 5$^1/_2$ Fuss hoch an und zwar dreimal innerhalb einer halben Stunde.[4]) —

Auf Grund dessen, was wir über die Bewegung des Atlantischen Ozeans gehört, dürfen wir voraussetzen, dass die Beunruhigung dieser riesigen Wassermasse eine allgemeine zwischen der Alten und Neuen Welt war, wiewohl wir auch entsprechend der Natur des flüssigen Elementes annehmen müssen, dass die stürmischen Wogen mit der Entfernung von den Küsten einer mehr und mehr verflachenden Form Raum gaben. Im übrigen stehen uns glücklicherweise verschiedene Berichte zur Verfügung, aus denen hervorgeht, in welchem Grade eine Gefährdung von Schiffen auf offenem Meere der Fall war.

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 41. —
[2]) J. H. R. . . p. 82;
[3]) Phil. trans. Vol. 49; p. 844; —
[4]) Seyfart . . p. 219.

Vierzig Meilen westwärts vom Kap San Vincente[1]) war das englische Schiff „Johannes“ Zeuge der ungewöhnlichen Erregung des Meeres. Der Kapitän erzählt: „Plötzlich erhielt das Schiff einen kräftigen Stoss, so dass die Leute auf Deck niederfielen; das Schiff wurde zwar bis an's Oberdeck ins Wasser gezogen, erlitt aber keinen Schaden. Man warf das Senkblei aus, fand jedoch nichts besonderes, nur dass die Schnur mit einer gelblichen Substanz bedeckt war, die einen schwefeligen Geruch von sich gab; die Dauer der Erschütterung belief sich auf etwa zehn Minuten.“ — Ein Schiff[2]), welches morgens die Tejobucht verlassen hatte, verspürte vormittags 10 Uhr eine heftige Erschütterung, so dass man allenthalben glaubte, aufgefahren zu sein. Die vorgenommene Lotung ergab eine Tiefe von 8 Klaftern. Auf einem 70 Meilen von Lissabon entfernten Schiffe rief die Erschütterung eine solche Panik hervor, dass man sich in die Rettungsboote stürzen wollte. Dieser Fall dürfte mit dem in „Beschreibung des Erdbebens . . . Danzig[3])“ angeführten identisch sein; diesem Berichte nach wäre ein gewisser Karl Elliot der Führer des Schiffes gewesen. — Wolfall[4]) erfuhr von einem verständigen Kapitän, dass dessen 50 leagues von der Küste entferntes Schiff plötzlich derart erschüttert wurde, dass man das Schlimmste befürchtete; das Fahrzeug erlitt zwar Schaden, doch konnte es noch glücklich in den Hafen gebracht werden. Das Schiff Le Charo[5]), das eben aus Amerika kam, erhielt 150 Seemeilen von Cadix entfernt einen überaus kräftigen Stoss, so dass sich die Bemannung im ersten Momente für verloren hielt[6]).

---

[1]) Seyfart . . p. 184;
[2]) J. H. R. . . p. 42;
[3]) Beschreibung d. Erdb. . . Danzig 1756. p. 32;
[4]) Phil. trans. Vol. 49. p. 407; Hoffm. . . p. 352;
[5]) Schwedische Abhandlungen . . p. 135;
[6]) Journal Etranger. Janv. 1756 spricht von einem Schiffe, das „des Caraques“, [Carácas, Hauptstadt der Republik Venezuela] kam! wahrscheinlich dasselbe!

— Schliesslich sei noch ein Vorkommnis genannt, das durch ganz besondere Momente interessant erscheint. Ein holländisches Schiff, das Lissabon um 8 Uhr morgens verlassen, wusste zu berichten[1]: Um 3/4 10 Uhr machte sich 1 1/2 Meilen vom Berg Zizambre[2]) entfernt, (6—7 Meilen von Setubal) auf dem Schiffe ein heftiger Stoss bemerkbar; gleichzeitig fielen vom Berge unter fürchterlichem Getöse Felsen ins Meer. Ein dichter Nebel lagerte sich dann über dem Meere; auf der Weiterfahrt konnte der Kapitän noch mehr Erschütterungen seines Schiffes verzeichnen, ausserdem gewahrte er ost-nord-östlich dichten Rauch und bald darauf Feuer, das die ganze Nacht durch sichtbar blieb.

---

[1]) Suppl. aux Refl. . . p. 10;
Coll. acad. . . p. 629;
[2]) Cezimbra.

Bemerkung: Mit geringen Ausnahmen sind sämtliche vorkommende Ortsbezeichnungen auf der beigegebenen Karte verzeichnet.

Kritischer Teil.

Aus der Fülle des Materials, wie dies auf Grund der Überlieferung aus allen Ländern nunmehr zusammengestellt werden konnte, spricht wohl ein reger Eifer, den die damalige Zeit für das ausserordentliche Ereignis bekundet hat. Heutzutage allerdings, wo exakte Apparate die forschende Thätigkeit des Menschen wesentlich unterstützen, müsste man so oberflächliche Beobachtungen, als welche sich ein grosser Teil der Angaben darstellt, als mangelhaft und der Erdbebensache wenig dienlich bezeichnen. Wenn wir uns in diesem zweiten Abschnitte aber trotzdem daran machen, mit dem Vorhandenen zu operieren, so betreten wir damit freilich ein gewagtes Gebiet, insoferne eine Reihe von Momenten eine glückliche Lösung bei der grossen zeitlichen Entfernung von vornherein verbietet; wir nennen beispielsweise die Stossrichtung, die Art der Stösse, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Allein warum sollen wir das Erdbebengebiet in seiner Gesamtheit nicht einer Würdigung unterziehen und dabei den einzelnen Erscheinungsarten, so gut es eben möglich ist, entsprechende Berücksichtigung angedeihen lassen?

Vorerscheinungen.

Eine frühere Darlegung in dieser Abhandlung besagte, dass es als sehr riskiert erscheint, ohne weiters einen Zeitpunkt anzunehmen, an dem die Erdbewegung mit der späteren grossen Entladung bei Lissabon eingesetzt hätte. Abgesehen davon, dass unser Erdball seiner Zusammensetzung nach einer immerwährenden Umbildung unterworfen ist, infolge deren die Erdrinde einer beständigen Beunruhigung ausge-

6*

setzt ist, machten sich diese Störungen in besonderem Masse in den Jahren unmittelbar vor der Lissaboner Katastrophe geltend. So sind, was bei der Forschungsthätigkeit jener Zeit viel sagen will, für das Jahr 1750 nicht weniger als zwanzig Erderschütterungen verzeichnet, die allein auf europäisches und westamerikanisches Gebiet entfallen. 1751 waren es deren zwölf, 1752 mehr als fünfundzwanzig, in den beiden folgenden Jahren zusammen wieder mehr als zwanzig. Das für uns entscheidende Jahr 1755 endlich weist ebenfalls eine ziemliche Anzahl von Erdbebenerscheinungen auf; wir führen dieselben an:

Januar: Konstantinopel;
Februar: Archipelagus;
März: Sizilien;
April: England, Brabant und einige Punkte der Mittelmeerküste;
Juli: Persien;
August: England;
„ Spanien;
September: Rom und Umgebung;
„ Island;
Oktober: Canadische Seen, Island.

Angesichts dieser Thatsachen wird man wohl kaum die Ansicht gänzlich von der Hand weisen, dass die Unruhen eine ost-westliche Verbreitung genommen, aber dafür besteht noch keine Veranlassung, das Beben vom 1. Nov. als notwendiges Endglied dieser Reihe anzuerkennen; nach wie vor erfuhren die verschiedensten Teile der Erde Störungen durch Beben. Das muss jedoch zugestanden werden: das Beben vom 1. November bildete den Anfang zu einer mehr als viermonatlichen Erdbebenperiode, die sich lediglich auf das einmal affizierte Gebiet beschränkte. Damit ist aber der Beweis erbracht, dass eben fragliches Gebiet für diese Erscheinung ganz besonders disponiert war, wo die Aus-

lösung früher oder später kommen musste, die dann auch durch die mächtigen Erdstösse bei Lissabon erfolgte, welcher Ort durch seine wiederholten Erschütterungen als Erdbebenherd längst bekannt war.

Viel wichtiger erscheint das Folgende:

Nur wenige Berichterstatter haben es unterlassen, den **„Vorerscheinungen des Erdbebens"** in ihren Mitteilungen Raum zu geben, und spätere Kritiker, darunter Kant, Hoffmann u. a. bemühten sich, selbe in geeigneten Zusammenhang mit dem Hauptphänomen zu bringen. Die Beweisführung des Erstgenannten spräche ja an, wenn eben nicht die Voraussetzungen falsch wären, nach denen nämlich Vulkanismus und Erdbebenerscheinungen geradezu identifiziert werden. Will man die Sache nehmen, wie sie ist, so kann man sich nicht verhehlen, dass die Frage der Vorerscheinungen noch weit mehr problematisch ist, als die des Bebens selbst. So gilt das zuvörderst von den Beziehungen des Erdbebens zur Atmosphäre, in der sich ja thatsächlich plötzliche Luftdrucksveränderungen oder eigenartige Lichtphänomene geltend machen. Im vorigen Abschnitte hatten wir ja auch verschiedene Male Gelegenheit, von ungewöhnlichen Vorkommnissen vor dem Ausbruche der Katastrophe Notiz zu nehmen. Allein sie sind grösstenteils in oberflächlicher Fassung auf uns gekommen, so dass sie kaum einen verwertbaren Beitrag zur Statistik der Erdbebenvorerscheinungen liefern dürften.

Trotzdem aber glauben wir, dieselben, soweit sie für unser Erdbeben in Betracht kommen, doch etwas näher beleuchten zu müssen. So steht fest, dass auf den Azoren die Erzitterungen des Bodens keineswegs erst mit dem 1. Nov. ihren Anfang genommen, sondern schon die zweite Hälfte des Oktober aufgetreten sind, mit jenem Tage nur eine ganz ungewöhnliche Stärke annahmen[1]); ähnliches gilt

---

[1]) Journal Oeconomique, Fevr. 1756. p. 149/50.

vom Ontario-See[1]). Am Züricher See machte sich in der Nacht zuvor ein unheimliches Murmeln bemerkbar[2]), zu Colares hätten einige leichte Stösse die Bewohner aus dem Schlafe geweckt[3]), in der Schweiz, namentlich im Kanton Wallis, wäre am Tage zuvor schon der Boden unruhig geworden[4]); in Madrid empfand man ebenfalls schon während der Nacht ein leises Beben und zu Travemünde[5]) zeigten sich am 31. Oktober dieselben unregelmässigen Bewegungen der Gewässer wie tags darauf. Schliesslich möchten wir noch auf jene Erscheinungen hinweisen, die schon p. 13—15 Erwähnung gefunden, frühzeitige Quellenstörungen, auffallende Lichterscheinungen, Verhalten der Tiere betreffend.

Nun hat hiebei allerdings der Einwand, das Volk habe hinterher nach dem Eintritte der untrüglichen Erdbebenerscheinung derselben noch manches angehängt, was sich in Wirklichkeit nicht zugetragen, seine Berechtigung, allein wir glauben doch, dass man sich hierin nicht allzu skeptisch verhalten darf, einmal, weil derartige Erscheinungen doch nicht ganz vereinzelt auftraten, dann aber auch, weil für spätere Erdbeben ähnliche Beobachtungen zu verzeichnen sind. Sobald wir aber an der Wahrheit der Berichte nicht zweifeln, müssen wir uns die Frage vorlegen: Sind besagte Unregelmässigkeiten als eine Art Vorwirkung des eigentlichen Bebens anzusehen oder haben sie Anspruch auf Selbstständigkeit? Mit Rücksicht auf Störungen der Erdreichs und der Gewässer möchten wir diese Frage im zweiten Sinne beantworten. Wie früher betont, war ja das gesamte in Frage kommende Gebiet längst für derlei Erscheinungen genügend disponiert, es bedurfte nur des Momentes, in dem eine allgemeine Auslösung herbeigeführt wurde, und diese erzielten

[1]) Phil. trans. Vol. 49. p. 544;
[2]) Phil. trans. Vol. 49. p. 438;
[3]) Coll. acad. T. IV. p. 628.
[4]) Bertrand. Mem. Hist. et Phys. p. 143—47;
[5]) Coll acad. T. VI. p. 631;
[6]) Seyfart . . p. 202/03.

auch die gewaltigen Erdstösse zu Lissabon am 1. November. Denn man kann sich wohl kaum vorstellen, dass sich derartige Erscheinungen, selbst wenn das Beben zentralen Charakter trüge, auf so grosse Entfernungen auch nur in schwacher Form geltend machten, ohne dass nicht auch am Sitze Unregelmässigkeiten zu Tage getreten wären; bekanntlich ist aber über Lissabon als das annähernde Epizentrum solches nicht überliefert. Es wird übrigens auf diesen Punkt später noch zurückgegriffen werden müssen.

Etwas anders liegen die Verhältnisse schon, wenn wir uns das Verhalten der Menschen und Tiere, wie dies vornehmlich zu Xeres, Cadix und Gibraltar[1]) offenkundig war, erklären sollen. Dies ist jedenfalls schon auf die vorbereitenden Wirkungen der Hauptkatastrophe zurückzuführen, dafür spricht auch die ziemliche Nähe bei Lissabon; es ist ja längst erwiesen, dass Tiere vor Erdbeben eine merkliche Unruhe zeigen, was allein nur in deren scharfen Sinnesorganen begründet ist, mit denen sie auch die für uns unmerklichen, ganz schwachen einleitenden Pulsationen der Erde empfinden. Wie gelangt aber der Mensch dazu, vor einem Erdbeben unter dem Eindrucke einer Herzbeklemmung, einer Ohnmacht oder eines Angstgefühls leiden zu müssen? Man kann hierüber die persönliche Meinung haben, dass gar mancher Mensch, namentlich der nervöse oder überhaupt kränkliche, der ohnehin physischen Einflüssen besonders zugänglich ist, von auftretenden Naturerscheinungen in seinem ganzen Wesen stärker beeinflusst und unwillkürlich, z. B. bei einem Gewitter, in Unruhe versetzt wird.

Während dieses unbewusste Gefühl vor dem Ausbruche eines Bebens beim Menschen nur ganz selten zur Beobachtung gelangte, zählt dies beim Tiere durchaus nicht zu den Seltenheiten. Schon der Sophist Claudius Aelianus berichtet in

---

[1]) Vergl. Phil. trans. Vol. 51. p. 571.

Bemerkung: In beigegebenem Ortsnamenverzeichnis ist die korrespondierende Erwähnung im I. Teil leicht zu ermitteln.

seinen „Tiergeschichten" XI. 19, dass fünf Tage vor dem Untergange von Helike alle Mäuse, Wiesel, Schlangen, Skolopender und Sphondylen in Masse nach dem Wege nach Kerynia ausgezogen seien[1]). Dazu passt unser Vorfall zu Cadix, wonach eine bis dahin ungekannte Insektenart den Erdboden bedeckte. Seyfart[2]) beschreibt diese Tiere: Der Vorderteil war ganz kurz und durch vier Pfoten gestützt; der hintere Teil dagegen viel länger und von rundlicher Gestalt; hinten zeigten sich zwei zirkelrunde Hörner. Das schwärzliche Insekt, mit zwei Flügeln versehen, hatte etwa die Grösse einer Grille, nur war es nicht so dick." Diese Schilderung ist zwar wenig wissenschaftlich gehalten, man dürfte aber doch das Richtige treffen, wenn man darunter ganz allgemein eine Larve annimmt, die, wie unsere Engerlinge, stets unter der Oberfläche der Erde lebte und deswegen umsomehr auffallen musste.

Bei dem grossen kalabrischen Erdbeben 1783 waren die Haustiere, Geflügel sowohl als die vierfüssigen Tiere vor dem Eintritte der Erschütterung hochgradig beunruhigt; sie irrten in ängstlicher Verwirrung umher[3]). So darf uns denn das Verhalten verschiedener Tiere, wie es beim Lissaboner Beben besonders zu Xeres, Carmona und Lebrija vorgekommen, durchaus nicht befremden. So könnten noch mehrere Beispiele beigebracht werden; wir glauben aber, es genügt der Hinweis auf die Thatsache, dass die Eingeborenen von Carácas[4]) gewisse Tiere wie Hunde, Springmäuse und Katzen eigens zu dem Zwecke halten, dass sie von diesen auf die drohende Gefahr aufmerksam gemacht werden. Sollen wir es nun mit Rücksicht auf diese Thatsachen nur

---

[1]) Hoernes, Erdbebenkunde. 1893. p. 137;
[2]) Seyfart . . p. 176;
[3]) Hoernes, Erdbebenkunde 1893. p. 136;
[4]) Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1889. N 18.

als Zufall betrachten, wenn in Hertfortshire[1]) am 1. Nov. zur kritischen Zeit drei Enten plötzlich das Wasser eines Teiches verliessen und zu einem benachbarten hinüberflogen? Gleich darauf stellten sich nämlich die bekannten ausserordentlichen Flutbewegungen ein.

Hinsichtlich der im Zusammenhange mit Erdbeben vorkommenden Lichtphänomene, die sich zumeist durch ein blitzartiges Aufleuchten charakterisieren, bemerkt Hoernes kurz[2]), dass eine Deutung solcher Erscheinungen weiterer Beobachtungen und Untersuchungen vorbehalten bleiben müssen. Nun, das Lissaboner Beben weist ja wirklich interessante Erscheinungen auf, wenn man sie überhaupt in dem überlieferten Umfange gelten lassen will; wir erinnern an die Phänomene, die zu Madrid, Sevilla, Lillo und Daimiel beobachtet werden konnten. Bei all diesen handelte es sich um starke Lichteffekte, die teilweise wie feurige Wolkengebilde in merkwürdigen Formen sich dem Beschauer präsentierten. Nur das Lichtphänomen zu Oran gipfelte in einem kräftigen Blitze, der auch den Turm einer Kirche traf. Zufällig werden wir uns diese Erscheinungen wohl kaum denken können. In was sind sie aber begründet? Ist es denn unwahrscheinlich, dass diese Lichteffekte ebenfalls das Resultat elektrischen Ausgleichs der Litho- und Atmosphäre sind, wie dies für das sog. St. Elmsfeuer und das Polarlicht nahezu als erwiesen betrachtet wird? Gerade nachdem, wie bekannt, die Zeit vor dem Erdbeben die Lufthülle mit Feuchtigkeit geschwängert war — es gab ja infolge des starken Regens und der massenhaften Schneeniederschläge bedenkliche Überschwemmungen — mag sich das Potential der Luftelektrizität gesteigert haben. Andererseits aber erscheint doch auch nicht ausgeschlossen, dass durch

---

1) Phil. trans. Vol. 49. p. 684.
2) Hoernes . . p 185.
3) Vergl. p. 22.
4) Vergl. p. 48.

die vorbereitenden gewaltigen Konvulsionen im Erdinneren infolge der stärkeren Reibung auch hier eine Mehrung der tellurischen Elektrizität stattgefunden hat, die dann in erwähnter Form, deren Wesen freilich nicht geklärt ist, eine Ausgleichung erfuhr. Jedenfalls, es ist dies ja nur unsere spezielle Auffassung, spricht der Schlusseffekt bei dem Lichtphänomen zu Oran, wobei die elektrische Entladung in Gestalt eines aufleuchtenden Blitzes erfolgte, nicht gerade gegen obige Annahme.

Was nun den starken Niederschlag in den Gebirgen betrifft, so dürfte damit wohl kein Anhaltspunkt für eine Beziehung desselben zum Erdbeben gegeben sein. Die Erdbebenforschung bemüht sich natürlich stets, auch die Witterungsverhältnisse in Erwägung zu ziehen; allein je mehr die Statistik hierüber fortschreitet, desto mehr bricht sich die Überzeugung Bahn, dass Erderschütterungen an die Witterung nicht gebunden scheinen; denn noch zu allen Zeiten traten Erdbebenerscheinungen bei heiterem und bewölktem Himmel auf, bei völliger Windstille und bei Sturmwind, in trockener und feuchter Jahreszeit. So brauchen wir denn der Thatsache, dass seit 1750 der Niederschlag im westlichen Europa geringer als gewöhnlich war und erst mit dem Jahre 1755, namentlich im Frühjahr und Oktober[1]), stark einsetzte, keine besondere Bedeutung beizumessen.

In ganz zufälliger Verbindung trat nun damit der „Blutregen“ in der Schweiz und Piemont auf. Es ist dies eine Erscheinung, welche sicherlich mit dem Lissaboner Beben gar nichts zu schaffen hat; denn solches ist schon in den ältesten Zeiten beobachtet worden und in neuerer Zeit mit dem blutfarbigen Passatstaub erklärt. Heimisch ist dieser allerdings nur an der Westküste des tropischen Afrika, doch tritt er sporadisch auch in anderen Gegenden, so in Italien und Deutschland, auf, indem er durch hohe Luftströmungen

[1]) v. Hoff, Veränderungen . . IV. p. 426/27.

gleich einem Wolkengebilde fortgeführt wird, bis er sich mit Regen vermischt und wie eine dichte rötliche Nebelmasse auf die Erde senkt. Dieser Staub weist als hauptsächlichste Bestandteile Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd auf; gerade beide letztere sind aber für den Blutregen zu Locarno von schweizerischen Gelehrten als vorhanden nachgewiesen worden[1]). Vielleicht finden dadurch auch jene rötlichen Nebel, die über der portugiesischen Küste, insbesonders über Colares, lagerten, ihre geeignete Erklärung. Zugleich aber drängt sich hier die Frage auf, ob nicht etwa jene früher besprochenen Lichtphänomene mit diesem atmosphärischen Gebilde in Einklang zu bringen wären? Allein wer vermag heute, nach so geraumer Zeit und noch dazu bei den spärlichen Überlieferungen, eine Entscheidung zu treffen?

Es wurde früher erwähnt, dass beim Lissaboner Beben ein, wenn auch ganz vereinzelter Fall von magnetischer Störung, zu Augsburg nämlich, sich zugetragen. Diese Erscheinung ist indes schon auf den 1. November zu verlegen und als eine Folge der Erdstösse zu betrachten. — Die Erdbebenforschung widmet namentlich in neuester Zeit dem Erdmagnetismus ihre ganz besondere Aufmerksamkeit. Allein es ist doch noch nicht gelungen, den entschiedenen Nachweis zu erbringen, dass die Störungen der Instrumente wirklich magnetische sind und nicht als Folge der blossen mechanischen Erschütterung zu gelten haben. So steht es auch mit dem Falle zu Augsburg und einem zu Hohenems in Vorarlberg[2]) am 9. Dez. 1755, der ebenfalls auf einen Lissaboner Erdstoss zurückgeführt werden muss; beide Erscheinungen können ebensogut rein mechanischer wie mag-

---

[1]) Interessant die Bemerkungen in: Merret, Pinax plantarum p. 220; ferner Derham, Theol. Phys. p. 31. Anm.

[2]) Beobachtet von Wucherer in Hohenems; angeführt von Krüger, Gedanken . . 1756. p. 27. Uebernommen von Stepling: Böhm. Abhandl. VI. Bd. 1784. p. 203.

netischer Natur sein. Auffällig bleibt unbedingt die eine Thatsache bei derlei Beobachtungen, dass auch die magnetischen Apparate in der Regel erst dann in Unruhe geraten, wenn der Zeit nach auch der Erdbebenstoss sich bis zum Beobachtungsorte fortgepflanzt haben kann. So lange eben, was bisher unterlassen wurde, nicht registrierende magnetische Apparate und Mikroseismographen, die ja dem Einflusse der Erdströme entzogen sind, nebeneinander aufgestellt werden, wird diese wichtige Frage kaum eine befriedigende Lösung finden.

Hier möchten wir auch noch eine weitere Einzelerscheinung zur Sprache bringen, deren im früheren absichtlich nicht gedacht wurde, da sie wegen ungenügender Beweise belanglos erschien. v. Hoff, und davon wahrscheinlich abhängig Kant und Hoffmann[1]) berichten nämlich, es hätten genau zur selben Stunde, als in Lissabon das Beben auftrat, die Flammen und Rauchwolken des Vesuv, der am Morgen des 1. Nov. ziemlich heftig getobt hätte, in den Krater zurückgeschlagen, worauf völlige Ruhe eingetreten wäre. — Nun konnten wir über dieses Ereignis nur bei Seyfart[2]) etwas auffinden; selbst Maria della Torre, der als Professor der Physik zu Neapel eingehende Vesuvstudien machte und auch eine Geschichte des Vesuvs und seiner Erscheinungen geschrieben hat[3]), erwähnt nicht mit einem Worte der bezeichneten Erscheinung. v. Hoff führt zum Belege für die Möglichkeit eines solchen Phänomens auch einen Bericht A. v. Humbolds an. Dieser erfuhr nämlich zu Posto (Columbia, Südamerika), dass die dicke schwarze Rauchsäule, die im Jahre 1797 während einiger Monate aus dem benachbarten Vulkane aufstieg, in

---

[1]) v. Hoff. Veränderungen . . II. Teil; p. 73;
Kries p. 48. Kant . . p. 237; Hoffmann . . p. 399.
[2]) Seyf. . . p. 189.
[3]) Journal Etranger. Janv. 1756. p. 182;

derselben Stunde ausblieb[1]), in welcher Riobamba, Hamboto und Tacunga so fürchterlich zerstört wurden.

Eine ähnliche Erscheinung will man auch gelegentlich des grossen kalabrischen Erdbebens 1783 gemacht haben, wo am kritischen 5. Februar der immer thätige Vulkan Stromboli[2]) zu rauchen aufgehört habe. — Nun, v. Hoff bemühte sich natürlich, dergleichen Fälle ausfindig zu machen, um seiner Theorie über den Antagonismus von Vulkanen und Erdbeben eine Stütze zu geben. Heutzutage ist jedoch die Humboldt-Buch'sche Theorie als längst abgethan zu betrachten. Wenn aber die Vesuverscheinung 1755 wirklich aufrecht erhalten werden soll, so liesse sich selbe etwa damit erklären, dass durch die gewaltigen Dislokationen, die sich in groser Tiefe vollzogen, auch jenes Magmanest oder jene Magmaader, in welcher das Auswurfsmaterial für den Vesuv bereitet wird, eine Erweiterung oder Verschiebung erlitt, so dass also insoferne durch das Lissaboner Erdbeben der Vesuv in seiner Thätigkeit beeinflusst worden wäre.

Propagation des Bebens.

Nach diesen speziellen Erörterungen über die Vorerscheinungen des Erdbebens gehen wir nunmehr daran, das eigentliche Beben vom 1. Nov. in seiner Gesammtwirkung sowohl, als auch hinsichtlich der einzelnen Erscheinungsformen von unserem Standpunkte aus ins Auge zu fassen. Als erste Aufgabe erwächst uns hierin, darüber uns Klarheit zu verschaffen, in welcher Ausdehnung die Propagation des Bebens überhaupt angenommen werden darf. Der Versuch, diese Frage nach Möglichkeit zu lösen, hat schon aus dem einen Grunde eine tiefere Berechtigung, weil gerade über das Areal des Lissaboner Bebens, wie wohl über kein anderes in so ausgesprochener Weise, so sehr

---

[1]) Humboldt, Voyage aux terres équinoct. T. 1. p. 317.
[2]) Hamilton, p. 176; hingewiesen in v. Hoff II p. 235.

wechselnde Angaben vorherrschen. Man hat dabei stets geltend gemacht, dass bei diesem wie bei noch anderen älteren Erdbeben ein Teil der Berichte wenig Anspruch auf Wahrheitstreue erheben könne, infolgedessen auch das Schüttergebiet, falls eine absolut genaue Angabe der wirklichen Vorkommnisse möglich wäre, sich sehr wahrscheinlich eine erhebliche Einschränkung gefallen lassen müsste. Und dann sei namentlich das eine nicht zu übersehen, dass ein ganz beträchtlicher Teil des Areals auf das seismisch erregte Meer entfalle. Und Hoernes[1]) sagt mit Rücksicht darauf, dass unter solchen Voraussetzungen dem grossen japanischen Beben von 1854, und den beiden peruanischen von 1868 und 1877 ein weit grösseres Schüttergebiet zuzuschreiben wäre, da ja in diesen Fällen die Flutwellen den ganzen pazifischen Ozean durchmessen hätten. Wir finden nun vor allem darin nichts Absonderliches, wenn einfach das gesamte Areal, das in irgendwelcher Weise nachweisbar durch die Erderschütterung in Mitleidenschaft gezogen wurde, als Schüttergebiet zu gelten hat. Es ist eben bei einer Menge von Erdbeben, bei jenen, deren Epizentrum an den Rand grosser Meeresbecken zu verlegen ist, die Erderschütterung und die Bewegung des Wassers so eng verknüpft, dass man als Schüttergebiet doch kaum den terrestrischen Bereich allein in Rechnung bringen darf; es bleibt übrigens bei derartigen Feststellungen immer noch vorbehalten, die fraglichen Gebiete zu scheiden. Und wer giebt uns die Gewähr, dass nicht auch der Meeresboden mit einem dem affizierten Teile des Kontinentes entsprechenden Raume seismisch beeinflusst wird? Es lässt sich freilich nicht leugnen, dass es eine sehr gewagte Sache ist, das Erdbebenschüttergebiet nach seiner Grösse zu bestimmen, denn wo liegt die Grenze, über die hinaus kein Erdteilchen mehr in die leiseste Unruhe versetzt wird? Das festzustellen, wird ja nie gelingen. Aber eine annähernde Berechnung erscheint auf jeden Fall berechtigt.

---

[1]) Hoernes, Erdbebenkunde 1893. p. 199

Was nun das Quellenmaterial betrifft, auf das man sich heutzutage nur mit gerechtem Zweifel einlassen könne, so dürften die Verhältnisse doch etwas anders liegen. Die Sensationslust mag ja, wie wir übrigens in der Einleitung schon hervorgehoben, manchen Bericht etwas entstellt haben, allein das bedingt noch lange nicht die Verwerfung der einzelnen Nachricht in ihrer Gesamtfassung. Es fällt doch in solchen Fällen heutzutage vielfach nicht schwer, das Wahrscheinliche auszulesen. Die Hauptsache bleibt ja doch, nachdem die meisten Mitteilungen ohnehin nicht den wissenschaftlichen Charakter tragen, der einer modernen Forschung angepasst wäre, der Umstand, dass sich am 1. November da oder dort etwas Ungewöhnliches ereignet hat. Allerdings zeigt sich auch wiederum das Bedenken, ob denn nicht erst nachträglich in Frage kommende Angaben einer ungeschickten Reklame halber mit dem Lissaboner Erdbebentage in Einklang gebracht worden seien. Dafür aber tragen eine stattliche Anzahl von Quellen den Gegenbeweis in sich. Denn gerade Mitteilungen, die auf Ereignisse in England, im niederländischen Gebiete, in Norddeutschland Bezug nehmen, die Erscheinungen zu Teplitz, zu Kufstein u. a. sind schon zu einer Zeit schriftlich niedergelegt worden, als die Kunde von dem Unglücke in der portugiesischen Hauptstadt dorthin noch gar nicht gedrungen sein konnte. Die vergleichende Lektüre der ursprünglichen Quellen dürfte dies mit wenigen Ausnahmen zur Genüge darthun. Und so besteht kein Anlass, an der Grösse des Schüttergebietes zu zweifeln, wie dies früher skizziert wurde.

Es lässt sich aber noch ein weiterer Beweisgrund ins Feld führen; es ist dies das Verhalten des fraglichen Gebietes nach dem 1. November, dem bekanntlich eine mehrmonatliche Erdbebenperiode folgte. Die Erfahrung bestätigt, dass die „Erdbebenschwärme" fast ausnahmslos nur jene Landstriche noch weiter belästigen, die schon beim ersten oder wenigstens stärksten Erdstoss in Unruhe versetzt worden

sind; das aber trifft für unser Beben vollständig zu. Und wenn auch einige Striche am 1. Nov. nicht in Bewegung geraten waren, oder wenigstens nicht in auffälliger Weise, wie z. B. das Thal des Oberrheins, das bayerische Gebiet, so enthält diese Thatsache keineswegs einen Widerspruch. Für diese Bezirke, die ja ihrer Lage nach in den Rahmen des gesammten Affektionsgebietes fallen, waren eben die ersten Stösse am 1. November noch nicht von der Intensität, dass auch die dort herrschenden Spannungen sofort hätten zur Auslösung kommen können. Wenn wir ferner die Schüttergebiete aller jener Erdbeben, in denen auch Lissabon zu leiden hatte, einem Vergleiche unterstellen, so erhellt daraus, dass überhaupt das ganze Gebiet, wie es für unseren Fall 1755 in Betracht kommt, in einem kausalen Zusammenhange steht, was freilich nicht immer im selben Grade zum Durchbruche gelangte.

Nachdem wir im historischen Teile mit Absicht alle jene Erscheinungen unberücksichtigt liessen, welche der Zeit nach dem 1. November angehören, so möchten wir dies nunmehr nachholen, schicken aber nochmal in gedrängter Kürze das Schüttergebiet des Haupttages voraus, um so den übersichtlichen Vergleich zu erleichtern:

Erdbeben 1755. 1. November:

Portugal, ganz;
Spanien, ganz; nordöstlicher Teil aber schwach;
Afrika, nordwestlicher Teil;
Frankreich, nordwestlicher und nördlicher, südöstlicher und südlicher Teil;
Italien, nördliches Gebiet;
Schweiz, ganz, ausser östlichem Teil;
Süddeutschland, einzelne Punkte;
Mitteldeutschland, bes. Thüringen;
Norddeutschland, bes. Seengebiet;
Niederlande fast ganz;

Schweden, südlicher Teil;
Norwegen, südliches Küstengebiet;
England, Schottland, Irland, zum grössten Teil;
Nordamerika, östlicher Küstensaum der Vereinigten Staaten;
Kl. Antillen;
Azoren;
Kanarien;
Cap Verden;
Madeira;
Atlantischer Ozean (nördlicher Teil), nebst Nebenmeeren.

Daran reihen sich nunmehr die auf den 1. November folgenden Nachbeben, wobei aber die verschiedenen Schüttergebiete zugleich durch Angabe der einzelnen beteiligten Stellen genauer bezeichnet werden*).

2. und 3. November.

Lissabon
Gibraltar — Afrika; (noch 14 Tage lang).

4. November.

Madrid — Andalusien; überhaupt
Escorial — Spanien (ausgen. Catalonien)

5. November.

Lissabon — Gibraltar.

---

*) Für die Zusammenstellung wurden vornehmlich verwendet:
v. Hoff, Veränderungen der Erdoberfläche;
Bertrand. Memoires Hist. et Phys. sur le tremblement de terre.
Seyfart, Allgemeine Geschichte der Erdbeben;
Philosophical Transactions;
Beschreibung des Erdbebens . . . Danzig;
Collection Académique. Liste chronol. sur les erupt. de volcans et des trembl.

7. November.

Clermont und Umgebung
Cumberland.

8. November.

Lissabon Sevilla.

9. November.

Schweiz:	Freiburg	Genfersee
Neuchatel	Genf	Morges
Morat	Basel	Lausanne
Bern	Besançon	Zürichersee.

14. November.

Brieg in der Schweiz.

16. November.

Lissabon.

17/18. November.

Portugal:	Ceuta	Amerika:
Lissabon	Tanger	Massachussets
Spanien:	Sarjonhügel	New Hampsire
Gibraltar	Marokko	New York
Afrika:	Nordfrankreich	Boston
Meknesa	Italien:	Philadelphia
Tetuan	Aquapendente	Halifax
Fez	Della Grotta	Annapolis,
		Lake St. George

Wasserbewegung: Atlantischer Ozean
70 leagues v. Cap Anne
Cheasepeake-Bai
St. Martins-Harbour.

21. November.

Lissabon Colares

26/27. November.

Spanien: Südküste bes. Malaga, Cordova
Italien und Schweiz zum Teil

Fuss der Pyrenäen
Rheingegend und Belgien: Lüttich
Frankreich: Sedan, Mezières, Charleville

1. Dezember.

Teplitz.

4. Dezember.

Portugal:
Lissabon

Frankreich:
Languedoc
Provence
Dauphiné
Franche Comté
Bourgogne
Elsass.

9. Dezember.

Portugal:
Lissabon
Spanien:
Südl. Küste
Frankreich:
Bourgogne, Dijon, Auxonne
Languedoc, Montpellier
Provence: Avignon
Aigle
Canigou
Roussillon
Ain-Depart., Brigey;
Lyonais: Lyon
Vivarais
Franche Comté: Besançon
Dauphiné u. Savoyen:
Berry, Bourges
Marteau Gise
Italien:
Alpen
Piemont: Turin, Demonte
Mailand
Bologna
Morteau
Gix

Schweiz:
Jura
Neuchatel
Locle,
Yverdon
Sagne-Thal
La Brevine
Genfersee.
Morges,
Lausanne
Vevey
Rolle
Rhonethal
Noville
Brieg
Visp
Glis
Naters
Rozagne?
Goms?
Leuk
Siders
Sitten
Martigny
St. Maurice
Gemmi

Berneralpen	Canton Bern
Furkapass	Königsfeld
St. Bernhardpass	Wildenstein

Freiburg	Aargau	Basel	Schaffhausen
Zürich	Winterthur	Appenzell	Thurgau
Zug	Luzern	Schwyz	Glarus

Auf die nördliche Schweiz verteilt, ferner:

Aarefluss	Knonau	Glattfelden
Bruck a. d. A.	Eglisau	Uster
Zofingen	Rass?	Werikon?
Langenthal	Ratzenfeld?	Usterbach?
Aarburg	Weil	Kindhausen?
Aarau	Hüntwangen?	Einsiedeln.

Süddeutschland:	Hüningen	Augsburg
Konstanz	Donaueschingen	Nürnberg
Rhein v. Stein b. Basel	Diessenhofen	Ansbach
Untersee	Donauwörth	Lauf

Tirol und Vorarlberg: Hohenems.

11. Dezember.

Lissabon	Madrid	Verschiedene Stellen in Bayern.
Colares	Orleans	
Tejo	Brieg	
Oporto		

12. Dezember.

Brieg   Livorno.

13. Dezember.

Sevilla	Franche Comté:
Strassburg	Bourg en Bresse
Hüningen	Bourgogne:
	Dijon Flavigny Montbard.

15. Dezember.

Brieg Niederlande.

18. Dezember.

Hereford in England.

19. Dezember.

Nordamerika: wie am 18. November.

Süddeutschland:

Stuttgart	Kempten
Cannstadt	München
Donaueschingen	Donauwörth
Augsburg	Ingolstadt
Ulm	Breisgau
Memmingen	Elsass.
Lindau.	

20. Dezember.

Brieg in der Schweiz.

21. Dezember.

Lissabon	Brieg
Algarvien;	

23. Dezember.

Roussillon,	Besançon	Genf.
(Gebirge)	Lyon	

26/27. Dezember.

Frankreich:

Pyrenäen	Champagne:
St. Felix bei Perpignan	Rocroyz
Roussillon	Lothringen.
Villefranche	Savoyen:
Prades	Rix
Coudolet?	Sedan
Marqueixano?	St. Mertin
Estreo?	Vernet

Moliz?
Espira?
Ria?
Cornella?
Foulla?
Mosset?

Niederrheingegend:

Brüssel	Burtscheid
Anderlecht	Aachen
Maestricht	Wesel
Ryssel	Stolberg
Namür	Emmerich
Mons	Schermbeck
Löwen	Soest (Westfalen)
Mecheln	Düsseldorf
Breda	Rees (Cleve)
Ath	Münster
Venlo	Köln, Bonn
Nijmwegen	Neuwied
Arnheim	Berchem (Luxemburg)
Chesnay	Giessen.

Einige Thäler im Elsass, in Lothringen; dann in der Pikardie und in den Alpen.

30. Dezember.

Madrid   Brieg.

31. Dezember.

Glasgow Greenock Dumbarton Imhirman?	Schottland.

Das Jahr 1756 hielten die Erdstösse noch bis März an, indem bald diese, bald jene Gegend beunruhigende Bewegungen des Erdreichs verspüren konnte. In diesen Zeitraum

fällt nun ein Beben, das vom 18. Februar, welches ob seiner intensiven Erscheinung vor allem anderen die Beachtung verdient, schon aus dem Grunde, weil dabei die Konkordanz mit Lissabon zutrifft. Die Erschütterung berührt wieder das portugiesische, das französische und Niederrhein-Gebiet, wie schon am 26/27. Dezember, ferner noch verschiedene andere Stellen deutschen Gebietes. Wir führen die Schütterpunkte der Reihe nach an:

18. Februar.

Lissabon

Paris
Versailles
St. Quentin
Fismes
Laon
Aire
Moyenvic
Rouen
Dieppe
Sedan
La Fère

Neuwied
Ems
Schaumburg
Limburg
Wetzlar
Giessen
Hadamar
Diez
Westerwald
Freilingen
Laubach
Siegen
Hagen
Mengerskirchen
Dillenburg
Mülhausen i. E.
Strassburg
Rastatt
Stuttgart
Speier
Mannheim
Worms
Bockenheim
Seidersheim?
Homburg (Westrich)
Mainz
Frankfurt a. M.
Hanau
Sachsenhausen
Butzbach
Ortenberg
Darmstadt
Koblenz
Burtscheid
Antwerpen
Amsterdam
Nijmwegen
Arnheim
Dordrecht
Mons

Bergen
Bonn
Köln
Düren
Nideggen
Iserlohn
Hamm
Delbrück
Soest
Arnsberg
Rheda
Paderborn
Düsseldorf
Namur
Brüssel
Maestricht
Utrecht
Nürnberg
Erlangen
Erfurt
Gotha
Langensalza
Denstedt
Halle
Kassel
Detmold

ferner:

Xanten
Cleve
Heinsberg
Stolberg
Dover
Deal
Margate
Glasgow
Arolsen
Osnabrück
Magdeburg
Braunschweig.

Die übrigen Beben verteilen sich auf Oberitalien, die Schweiz, das Rheinthal, die Niederlande, auf Jütland, Seeland, England und Irland; es wurde bei ihnen wegen ihres ganz sporadischen Auftretens von einer genaueren Aufzählung Umgang genommen.

Unterstellen wir nunmehr nach Kenntnisnahme aller jener Schütterorte, die in ihrer Gesamtheit die dem 1. November folgende Erdbebenperiode repräsentieren, einem Vergleiche mit dem Affektionsbezirke, wie er für den Tag der ersten und stärksten Erschütterung früher festgelegt wurde, so erhellt daraus eine völlige Übereinstimmung, insoferne wenigstens, als keines der dabei in Betracht kommenden Einzelschüttergebiete ausserhalb der Grenze des erstgezeichneten Feldes zu liegen kommt. Es lässt sich genau verfolgen, wie bald der eine bald der andere Fleck neuerdings zu rumoren anfängt, ein Zeichen dafür, dass die erstmals

provozierte Unruhe sich erst allmählich legte, bis eben endlich die gestörten Erdschichten sich in ihren neuen Verhältnissen auf unbestimmte Zeit zurechtfanden. Eine Thatsache muss jedoch auffallen, dass bei den Nachbeben bestimmte Bodenbezirke in die Bewegung mit hereingezogen wurden, die für das Schüttergebiet des 1. November als erdbebenfreie Stellen, als Lücken zu gelten haben, so das Oberrhein- und Mittelrheingebiet, das Innere Frankreichs, ein grosser Teil Süddeutschlands. Aber gerade dies soll einer späteren Erörterung, wo es sich um die Art des Lissaboner Bebens handeln wird, eine Stütze verleihen.

Von den Beben treten einzelne besonders in den Vordergrund, so dass vom 9. Dezember, wo die Störungen sich vornehmlieh in der Schweiz bemerkbar machten, dann die beiden rheinischen Erdbeben vom 26/27. Dezember und folgenden 18. Februar, wobei die anliegenden Grenzgebiete noch sehr merklich in den Schütterbezirk mit hereingezogen wurden. Die seismische Erregung vom 17/18. November fällt durch ihre Ausdehnung auf, zumal sie dem Gebiete des 1. November vielfach ähnlich ist.

Nun erscheint es auch zweckmässig, uns darnach umzusehen, welche Dimensionen denn frühere Erdbeben, mit dem Sitze bei Lissabon, annahmen. Ob vielleicht die damalige Ausdehnung und Erscheinungsform mit unseren Verhältnissen in Beziehung zu bringen ist. Es is bekannt, dass Lissabon eine seismisch sehr unruhige Stelle ist, von der aus die einmal hervorgerufene Bewegung sich leicht und häufig auch ferner liegenden Stellen mitteilt. Wir möchten aus der grossen Menge nur ganz wenige Beispiele herausgreifen, z. B. das Beben vom Jahre 1146. Einer Angabe Balbi's[1]) zufolge wurde in genanntem Jahre Lissabon sehr stark durch eine Erderschütterung heimgesucht. Allein die

[1]) Balbi. Essai polit. sur le Roy de Port. T. 1. p. 102; Bertrand, Mem. Hist. . . p. 32.

Folgen spürte man, wie Bertrand bestimmt versichert, weit über die portugiesische Grenze hinaus, ja ganz Europa soll an der Erdbewegung teilgenommen haben. Die Schweiz wird auch damals schon besonders vermerkt; zu Mainz sollen gleich 15 Erdstösse vorgefallen sein[1]). Das Jahr 1531 war für Westeuropa wiederum verhängnisvoll[2]). Am 26. Januar und die folgenden acht Tage ereignete sich ein grosses Erdbeben, das Lissabon schrecklicher als je zuvor heimsuchte und auch sonst über Portugal, Spanien, die afrikanische Küste, dann über das schweizerische Gebiet, besonders das Waadtland, allgemeinen Schrecken brachte. — Wir dürfen uns an dem kärglichen Berichte nicht stossen; die frühe Zeit entschuldigt dies. Ja, Balbi ist nicht einmal mit dem Datum im Klaren, da er das Beben auf den 1. Januar verlegt, das aber unzweifelhaft mit dem vom 26. Januar identisch sein muss, denn die Geschichte weiss von einem zweiten ähnlichen Naturereignis um jene Zeit nirgends etwas zu berichten.

Aus diesen beiden Beben möchte man einen ursächlichen Zusammenhang der entlegenen Schüttergebiete wohl noch nicht so ohne weiters anerkennen, weil vielleicht die überzeugende Beweiskraft in Form von näheren Quellen fehlt, allein das bleibt doch Thatsache, dass in den genannten Jahren ein Teil der Erde erschüttert wurde, dem hinsichtlich seiner Ausdehnung vielfach ähnliche Grenzen gezogen waren wie 1755. Und gewiss ist die Vermutung vollkommen berechtigt, bei besseren Forschungsverhältnissen würde sich ein Schüttergebiet ergeben haben, wie es dem gewünschten Zwecke mehr dienlich wäre. Dies aber erreichen wir in vorzüglicher Weise mit einer kurzen Betrachtung des Erdbebens von Lissabon von 1761 und seiner Ausdehnung: Am

---

[1]) Chronica Hirsaugiense.

[2]) Phil. trans. Vol. 49; p. 402;
Bertrand, Mem. Hist. et Phys. p. 41;
Coll. acad. T. VI. p. 540;
v. Hoff. Veränderungen . . . IV. p. 247.

31. März, kurz nach 12 Uhr mittags, traf die Hauptstadt ein so kräftiger Erdstoss, wie ein solcher seit dem 1. November 1755 nicht mehr beobachtet wurde. Es wird in den eingehenden Berichten ausdrücklich betont, dass wohl kein Haus stehen geblieben wäre, wenn die Stösse wie damals von W nach O ihre Richtung genommen hätten[1]). Das Interessante bei diesem Beben ist nun die Thatsache, dass alle die Erscheinungsformen, wie wir sie von 1755 her kennen, so die Erdbebenflutwellen, Störung von Quellen, Seen u. s. w. auch damals auftraten, und zwar fast ausschliesslich auf jene Bezirke verteilt, die schon 1755 in Mitleidenschaft gezogen waren: Portugal, Spanien, Alpen, Niederlande, England, Irland, Schottland, Westindien, Madeira, Azoren. Es begegnen uns hier wieder die bekannten Orte wie: Setubal, Oporto, Madrid, Hechtsee, Amsterdam, Cork, Mountsbay, Antigua, Barbados, Funchal auf Madeira u. a. Der entschieden bedeutsamste Vorfall ist dabei das plötzliche Aufwallen des Hechtsees bei Kufstein. Es musste schon bei der ersten Erwähnung dieses Ereignisses gedacht werden, denn erst 1761 wurde in dem Innsbrucker Gelehrten der Verdacht rege, dass doch ein rein zufälliges Zusammentreffen kaum mehr angenommen werden könne. Die Art der Erscheinung deckte sich völlig mit der vom 1. November 1755.[2])

Die letzten Auseinandersetzungen hatten also den Zweck, darzulegen, dass eine seismische Verbindung zwischen Lissabon und den bewussten Schütterstellen im übrigen Europa, ja selbst in Afrika und auf Westindien als möglich anerkannt werden muss. Ein strikter Beweis konnte zwar nicht beigebracht werden, doch muss dieses auffällige Ineinandergreifen bezw. diese Coincidenz der einzelnen Phänomene an

---

[1]) Phil. Trans. Vol. 52; p. 141, 155, 424/26; 477.
v. Hoff, Veränderungen . . . V. Teil.

[2]) Günther, Handbuch d. Geophysik, 1897. p. 447.

räumlich so sehr entfernten Orten zu obiger Annahme führen.

Art des Bebens.

Wollen wir nunmehr an der Thatsache festhalten, dass von Lissabon aus, in dessen unmittelbare Nähe der Erdbebenherd zu verlegen ist, der Anstoss zu der Gesamtbewegung ausging. Da drängt es nun, zu wissen, welcher Art diese erste Erregung wohl gewesen, oder mit anderen Worten: Mit was für einem Beben hat man denn bei der Lissaboner Katastrophe zu rechnen? Soll uns bei dieser Frage die Dreiteilung in vulkanische, Einsturz- und Dislokationsbeben als Anhaltspunkt vorschweben, so können wir uns auf Grund verschiedenster Anzeichen nur für die letzte Art entscheiden. Eine nähere Begründung hiefür beizubringen, liegt dieser Abhandlung fern; es sei als ein bester Beweis nur auf das eine hingewiesen, dass der Erfahrung gemäss nur den Dislokationsbeben eine so gewaltige Ausdehnung zugesprochen werden kann; gemein ist dabei natürlich die Propagation in terrestrischem Gebiete, denn mit Einbeziehung der gestörten Wassermassen würde bei vulkanischen Beben, wie z. B. beim Vulkanausbruche auf Krakatau 1883, bisweilen ein weit grösseres Areal zu verzeichnen sein.

So wird uns denn die Annahme leiten, dass das Erdbeben zu Lissabon in einer gewaltigen Verschiebung innerer Erdschichten begründet ist, und sich eben die notwendigen Wirkungen auf das umliegende Gebiet geltend machten. Dabei müssen wir das Beben nach seinem Charakter als „Zentralbeben“ bezeichnen, indem eben das Epizentrum, auf engen Raum beschränkt, auch die stärkste Erschütterung erfahren musste. Ein zentrales Beben aber setzt voraus, dass mit der radialen Entfernung vom Erdbebenherde die schlimmen Wirkungen sich immer mehr abschwächen. Nun, und das möchten wir

ganz besonders hervorheben, können wir beim Lissaboner Beben den zentralen Charakter nur für das spanische und benachbarte afrikanische Gebiet festhalten. Die umliegenden Gebiete repräsentieren thatsächlich die Zone intensivster Erschütterung, die pleistoseismische, während sich darum der Kranz milderer Erscheinungsformen legt, wovon uns die graphische Darstellung sofort überzeugen muss. Das verbietet sich natürlich von selbst, diese Schütterzonen durch Linien in einen bestimmten Rahmen zu weisen, wie das heutzutage bei den genauesten Angaben wohl eher am Platze sein mag, allein die unsicheren Intensitätsbestimmungen, wie sie uns beim Lissaboner Beben zu Gebote stehen, schliessen einen solchen Versuch aus.

Dehnen wir unsere Beobachtung auf das nördliche europäische Gebiet aus, so ergiebt sich eine völlig veränderte Sachlage. Nicht dass etwa die Erscheinungen in stets abnehmendem Stärkeverhältnis sich allmählich verliefen, es begegnen uns Stellen, wo die Phänomene denen in der pyrenäischen Halbinsel hinsichtlich der Häufigkeit und Gewalt vielfach wenig nachstehen. Ein solches Gebiet ist der mächtige Gebirgswall der Alpen. Zwischen diesen und den Pyrenäen lagert aber ein Bezirk, der mit ganz geringen Ausnahmen damals seismisch unbeeinflusst geblieben zu sein scheint. Ähnlich verhielt sich der Südwesten Frankreichs, ausgenommen das Mündungsgebiet der Garonne und Charente. Das altvulkanische Zentralfrankreich spürte von der grossen Erdbewegung am 1. November nahezu nichts; ebenso schiebt sich von da nördlich vom Schweizerjura in das nördliche Süddeutschland ein erdbebenfreier Raum; das südlichste deutsche Gebiet, sowie das nördliche Oberitalien wurden durch die Alpen in den Schütterbezirk mit hereingezogen. Während das deutsche Mittelgebirge als Schütterfeld nur zum Teil in Betracht kommt, empfanden die Küstensäume des Kanals, der Nord- und Ostsee merklich Erdbebenstörungen verschiedenster Art. In der

Neuen Welt erfuhr auch nicht das gesamte Gebiet östlich der Allephanies die Beunruhigung in gleichem Grade; zumeist litt Pensylvanien; ausserdem treten die Antillen besonders in den Vordergrund der unregelmässigen Erscheinungen. In Afrika hatte Oran die Erdbewegung weniger empfunden als das mehr entlegene Algier.

Somit wäre der Begriff „Zentrales Beben" für das Gesamtschüttergebiet nicht mehr aufrecht zu erhalten; unter welcher Gattung liesse sich aber das Beben vom 1. Nov. unterbringen?

Hoffmann ist auch schon auf diese Frage gestossen, indem er sich eben damit nicht abfinden wollte, dass die Erscheinungen in grosser Entfernung vom Hauptschauplatze lediglich eine direkte Folge des mechanisch fortgepflanzten Stosses seien, wobei ihm namentlich auch jene Wahrnehmung nicht entging, dass gewisse dazwischenliegende Stellen völlig verschont blieben. Mit seinem Erklärungsversuche hat er dann allerdings neben der mechanischen Wirkung der chemischen eine gleich wichtige Rolle zuerkannt, wodurch er sich über die Quellenstörungen, Beunruhigung von Seen u. a. hinweghilft. Die neuere Erdbebenforschung hingegen legt sich das ganz anders zurecht. Kluge[1]) bemerkt mit Rücksicht auf dieses eigenartige Phänomen eines Sonderschüttergebietes, dessen Erscheinungen unzweifelhafte Coincidenz mit denen des Hauptschütterlagers besässen, folgendes: „Es giebt Stossgebiete, welche gewissermassen den Widerhall weit entfernter Erdbeben bilden, in denen zwar die Disposition zu einer Erderschütterung vorhanden ist, dieselbe aber häufig erst durch eine andere geweckt werden muss. Dergleichen Gegenden zeichnen sich auch noch dadurch aus, dass in den dazwischen liegenden Gebieten bisweilen von

[1]) Kluge, Ueber die Ursachen der Erderschütterungen 1850—57; Stuttgart, 1861. p. 62, 63.

einem Erdbeben gar nichts verspürt wird." v. Lasaulx[1]) begründet angeregte Erscheinung damit, dass eben längst vorhandene Spannungen in der Erdrinde vielfach nur einer von aussen kommenden Anregung bedürfen, um ein scheinbar völlig selbständiges Erdbeben hervorzurufen. Wir glauben nun, dass nach früheren Ausführungen, wo der Nachweis über die grosse Disposition unseres Gebietes zu seismischen Störungen erbracht werden sollte, gerade für das Lissaboner gesamte Schüttergebiet die Bedingungen gegeben sind, wie sie vorhin aufgestellt wurden. Und so möchten wir denn für jene ausserspanisch-afrikanischen Bezirke den Lasaulx'schen Begriff „Relaisbeben" für wohl angebracht erachten.

Mit dieser eigentümlichen Gestaltung des Schütterfeldes gelegentlich des Lissaboner Bebens befasste sich auch Reyer[2]), der die Unabhängigkeit der Bebengebiete als unbestreitbar anerkennt, da sich zwischen die Schüttergebiete wieder ruhige Distrikte eingeschaltet hätten. Man könne sich, bemerkt Vorgenannter, nicht vorstellen, dass eine einheitliche Spannung so weit entfernte, tektonisch selbständige, ja zum Teil vollständig isolierte Gebiete beherrschen könnte. So kommt er zur Annahme längst vorhandener Spannungen, die erst der Auslösung bedürften, nach seiner speziellen Auffassung allerdings hervorgerufen durch kosmische Agentien.

Halten wir nun den im Vorstehenden erörterten Gedanken des Relaisbebens aufrecht, so kommen für uns die Erdbebenerscheinungen im Alpengebiete und an den anderen Schütterstellen als „Sekundärbeben" in Betracht, die erst durch die Lissaboner Stösse am 1. Nov. ihre Auslösung erfuhren. Und die ganze Kette der späteren Erscheinungen, auch an jenen Orten, die am ersten Tage scheinbar unbe-

[1]) Lasaulx, die Erdbeben, [Kengott's Handwörterbuch der Mineralogie, Geologie u. Palaeontologie I. p. 364].

[2]) E. Reyer, Theoretische Geologie, Stuttgart 1888 p. 701; zit. Hoernes p. 425.

einflusst geblieben sind, wäre nur der Ausfluss einer successiven Auslösung längst vorhandener korrespondierender Spannungen in der Erdrinde.

So erscheint es angezeigt, die einzelnen Epizentren der Sekundärbeben festzulegen. Von wissenschaftlichem Standpunkte aus geht dies freilich nicht an, denn dazu mangeln die notwendigsten Anhaltspunkte. Allein es lässt sich doch beim alpinen Sonderschüttergebiete das Epizentrum mit vieler Wahrscheinlichkeit in das Rhonethal und zwar in die Nähe von Brieg verlegen, wo ja nach dem 1. Nov. längere Zeit hindurch kaum ein Tag verstrich, an dem nicht ein oder gar mehrere Erdstösse die Gegend in Unruhe versetzten. Schwerer hält diese Angabe bei dem nordwesteuropäischen und amerikanischen Schütterfelde, wo, namentlich bei letzterem, der Anstoss von einer submarinen Stelle aus erfolgt sein dürfte. Auf gleich ungewissem Boden befinden wir uns, wenn wir uns über die Selbständigkeit der mitteldeutschen Schütterregion oder deren Abhängigkeit von einem der nördlich bezw. südlich gelegenen Teilschüttergebiete Klarheit verschaffen wollen. Wir glauben diesem „innerkontinentalen Schütterfelde“, wie man es bezeichnen könnte, gleich den beiden vorbezeichneten Bezirken den Charakter eines eigenen sekundären seismischen Gebietes zumessen zu müssen, da thatsächlich sich die stärkste Erregung im Inneren Thüringens bekundete, von wo aus eine Abnahme der Intensität nach Westen, Norden und Osten nicht zu verkennen ist. Nach demselben Massstabe muss wohl auch das lokal allerdings engbegrenzte Garonne-Dordogne-Gebiet in der südwestfranzösischen Niederung betrachtet werden.

Es verlohnt sich wirklich nicht, diese Frage noch länger zum Gegenstande einer Erörterung zu machen, da hiefür die ungenauen Überlieferungen viel zu wenig Rückhalt gewähren. Sie fand überhaupt nur deshalb Berücksichtigung, weil mit Bestimmtheit angenommen werden darf, dass unter heutigen Verhältnissen die ganze Sachlage eine bezügliche

Auseinandersetzung entschieden erheischte, die dann auch ein mehr positives Resultat im Gefolge haben müsste.

Ferner darf man ohne Bedenken an dem einen festhalten, dass durch die gewaltigen Erdstösse zu Lissabon sicherlich nicht jene obengenannten Teilschütterbezirke allein affiziert wurden, ohne dass die dazwischen liegenden Regionen auch nicht in der leisesten Form davon berührt worden wären. Schon früher wurde betont, dass eben die seismischen Erscheinungen in den für uns damals erdbebenfreien Stellen den Bewohnern nur nicht zum Bewusstsein gekommen sind. Die Registrierapparate an den verschiedenen Observatorien und Sternwarten haben solche Vervollkommnungen erfahren, dass sich heute vielleicht ein Erdbeben in weiter Ferne konstatieren lässt, das erst hinterher, bisweilen erst nach vielen Tagen, durch Zeitungsnachrichten die Bestätigung erhält. Das andalusische Erdbeben vom 25. Dezember 1884 zeigten die Instrumente an dem Observatorium zu Lissabon um 9^{h} 19^{m}, in jenem zu Paris um 9^{h} 24^{m}, zu Greenwich um 9^{h} 24^{m} 21^{s}, zu Wilhelmshaven um 9^{h} 28^{m} 47^{s} an[1]). Auch bei diesem Beben finden wir bestätigt, was schon früher erwähnt wurde, dass diese Störungen doch weit mehr als eine Folge der unmittelbaren Bodenbewegungen als des elektrischen Erdstromes angesehen werden müssen. Und so dürfte die Annahme des früher bezeichneten Schüttergebietes in seinem Gesamtumfange Berechtigung haben. Ausserdem werden auch die Schüttererscheinungen, die an verschiedenen Orten dem 1. November vorauseilten, in ihrer Beziehung zum Hauptbeben beispielsweise durch die Thatsache wahrscheinlich gemacht, dass drei Tage vor eben jenem andalusischen Beben die magnetischen Apparate zu Lissabon infolge eines Stosses zu Funchal (Madeira) und Lissabon eine deutliche Perturbation erkennen liessen.

---

[1]) Etudes relatives au tremblement de terre du 25. Dec. 1884. Mém. Acad. des Sciences XXX. N. 2. Paris 1889. p. 11—16.

Fragen wir schliesslich nach der Erdbebenhäufigkeit in unserem Lissaboner Schüttergebiete, so kann jeder Erdbebenkatalog unschwer überzeugen, dass die damals betroffenen Bezirke gewiss nicht erdbebenarm genannt werden dürfen, gewiss auch nicht das innerfranzösische Gebiet, oder der oberrheinische Graben, die wir doch für den 1. Nov. 1755 als Erdbebenlücken gelten lassen mussten. Ebenso legt ein Vergleich der seismischen Erscheinungen, die gleichzeitig verschiedene Länder umfassen, genügend dar, dass vielfach dieselbe Kombination zu Tage tritt. Zu wiederholten Malen werden z. B. gemeinsam beunruhigt: Spanien, Afrika und benachbarte Inseln; Spanien, Amerika, Antillen; Südfrankreich, Schweiz; Schweiz, Tirol, Süddeutschland; Tirol, Böhmen; Böhmen, Mitteldeutschland; Nordfrankreich, Grossbritannien; Grossbritannien, Schweden. So liessen sich noch mehr solche Verbindungen beibringen, die eben nur wiederum bestätigen, dass gewisse subterrane Konnexionen vorhanden sind.

Damit sind wir aber einer weiteren Frage nahegerückt, die die moderne Forschung bei rezenten Beben nicht unbeachtet lassen darf. Wie bezw. auf welchem Wege mag denn die Auslösung der Nebenbeben erfolgt sein? Die Lösung dieses Problemes gewinnt freilich einen recht zweifelhaften Anstrich, doch möchten wir auch in diesem Punkte unsere Ansicht zum Ausdruck bringen.

Die Erdbebenstatistik lässt nämlich die Bruchränder der Continentalmassen und Senkungsgebiete ganz besonders von Erdbeben begünstigt erscheinen. Sehen wir uns bei dem Lissaboner Beben in dieser Hinsicht um, so fällt gewiss auf, dass sich die intensivsten Erscheinungen dem allgemeinsten Verlaufe nach an die Küsten der europäischen, afrikanischen und nordamerikanischen Kontinente halten. Die Beobachtungen im Schwarzen Erdteile erstrecken sich zwar nur auf Ereignisse an Küstengegenden, allein man darf doch analog den Erscheinungen auf der Pyrenäischen Halbinsel auch eine

allmähliche Verringerung der Intensität mit der Entfernung vom Erdbebenherde annehmen. F. de Montessus de Ballore[1]) kommt durch seine peinlich genaue Zusammenstellung der Erdbeben auch zu dem Ergebnis: „Die seismisch unbeständigen Regionen begleiten die grossen Runzellinien der Erdrinde." Das steht nun mit der obigen Behauptung von den Bruchfeldern der Festlandsmassen im Einklang, da unter den Runzellinien nicht etwa die Striche mit grosser positiver Seehöhe, sondern auch rasche Übergänge zu tiefer gelegenen Gebieten wie z. B. zum Meere, zu verstehen sind. Es ist gewiss von Interesse, dass schon Aristoteles auf diese Thatsache aufmerksam geworden, indem auch er auf die Erdbebenhäufigkeit hinweist.[2]).

Für das Folgende sei als Ausgangspunkt der Hauptherd genommen[3]), der mit grosser Wahrscheinlichkeit in mässiger Entfernung südwestlich von Lissabon angesetzt werden darf. Mit der Fortdauer der Schüttererscheinungen schien sich der Herd gegen Süden zu verschieben, denn von Madeira liegen ziemlich sichere Nachrichten über Stossrichtungen in der kritischen Zeit vor; und da wird ausdrücklich vermerkt, dass die Stösse immer mehr eine seitliche, von Osten her kommende Richtung annahmen. So erfuhr die Stossrichtung für Madeira eine völlige Verschiebung aus einer nord-südlichen in eine ost-westliche, wie solche für das Jahr 1761 konstatiert ist. Vom Erdbebenherde aus pflanzten sich nun die Stösse nach allen Richtungen fort, sich lediglich an die Stoss- oder Schütterlinie haltend, die eben durch die mächtigen Runzeln der Erdrinde vorgezeichnet waren. So tritt die Linie: Lissabon—Corunna, die in Cork (auf Irland) ausläuft, auffällig hervor; desgleichen die Linie:

---

[1]) Klein, Jahrbuch d. Astronomie . . VII. Bd. 1896. p. 158;

[2]) Aristotelis Meteorologicorum Lib. II. Cap. 8. . . . *ἔτι δὲ περὶ τόπους τοιούτους οἱ ἰσχυρότατοι γίνονται τοὶ σεισμοί, ὅπου ἡ θάλασσα ῥοώδης, ἢ ἡ χώρα σομφή* . . .

[3]) Hier sei auf die beigegebene Nebenkarte verwiesen!

Lissabon—Meeresstrasse von Gibraltar—Nordküste Afrikas (Atlasgebirge) und Nordwestküste Afrikas in der Richtung gegen die Kanarien und Kap-Verden; ferner der Strich: Ostküste Spaniens—Südostfrankreich—Alpen. Von diesen letzteren aus haben jedenfalls sog. Transversallinien, die für die Alpen längst anerkannt sind, die Vermittelung der Stösse nach Süden und Norden übernommen. Um die Lage des Hechtsees oder von Teplitz als Schütterstelle näher zu illustrieren, sei nur bemerkt, dass Suess gezeigt hat[1]), dass „die seismischen Bewegungen in den Ostalpen das Bestreben zeigen, sich, entgegen langjähriger Anschauung, quer zum Streichen des Gebirges auszubreiten und sich unmittelbar in die nördlich vorgelagerte böhmische Masse hinein zu verpflanzen." Die Linie: Ärmelkanal—Finnischer Meerbusen dürfte abgesehen davon, dass gerade die Küstenstriche eine auffallende Störung erfuhren, auch insoferne Berechtigung haben, als thatsächlich ein ausgesprochenes Bruchfeld vorzuliegen scheint, das sich vom Kanal in nordöstlicher Richtung zum Weissen Meer und weiter zum Rande des europäischen, selbst asiatischen Festlandes erstreckt; der Erfahrung gemäss ist allerdings fast ausschliesslich nur der westliche Teil dieser Linie Beunruhigungen durch Erdbeben ausgesetzt. Für die Fortpflanzung nach der Neuen Welt fehlen freilich entsprechende Anhaltspunkte, doch scheint eine Übertragung der Erdbebenwelle auf die Madeira—Azoren-Linie durchaus nicht ausgeschlossen, was auch der Umstand vielleicht eher glaublich macht, dass der Hauptherd, die Azoren und das pensylvanische Schüttergebiet, so ziemlich dieselbe geographische Breite besitzen[2]). Für die Kl. Antillen, wo ohnehin die Er-

---

[1]) Klein, Jhrb. d. Astronomie . . VII. p. 152:
E. Suess, Antlitz der Erde, I. Karte p. 105.

[2]) Das Seebeben zwischen den Azoren und Madeira am 22. Dez. 1884 erstreckte sich auf eine Länge von 545 Seemeilen, so dass es Rudolph wegen seiner linearen Verbreitung zu den Dislokationsbeben rechnet. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde 1896, p. 335.

scheinung einen mehr vulkanischen Charakter trug, mögen die Kap-Verden auslösend gewirkt haben.

Grösse des Propagationsgebietes.

Nach diesen Erörterungen, bei welchen also das gesamte affizierte Gebiet sowohl als besonders hervortretende Teilschüttergebiete hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit bezw. Abhängigkeit von der Lissaboner Katastrophe zur Sprache kamen, erscheint es angezeigt, *die Grösse des Propagationsgebietes* durch Zahlen, denen allerdings nur oberflächlicher Wert zukommen kann, festzulegen. Es wird dabei in der Weise verfahren, dass zunächst nur die *wirklich seismisch erregten* Bezirke, geschieden in den terrestrischen und marinen Teil, in die Aufzählung mit einbezogen werden. Daran wird sich mit Rücksicht auf die im fraglichen Gebiete doch allgemeine Wasserbewegung und die wahrscheinlich stattgehabte Bewegung der Zwischengebiete eine zusammenfassende Aufstellung anreihen. Es verhalten sich die einzelnen Grössen wie folgt:

I. Pleistoseistes Zentralgebiet:		
a) Innere Zone:	Land 400000 qkm;	Wasser 600000 qkm;
b) Äussere Zone:	„ 900000 „	„ 1100000 „
II. Alpines Teil-Schüttergebiet:		
a) Inner-alpine Zone:	25000 qkm;	
b) Randgebiet:	245000 „	
III. Nordisches Schüttergebiet:		
a) Englisch-vlämischer Bezirk:	300000 „	350000 „
b) norddeutsch-skandinavisch. Bez.:	250000 „	300000 „
IV. Amerikanisches Gebiet:		
a) Nördl. Küstenbez.:	200000 „	100000 „
b) Kleine Antillen:	10000 „	140000 „

V. Isolierte Bezirke:

Westfranzösisches Gebiet, Kap-Verden, Azoren u. Mitteldeutscher Bezirk: Land 100000 qkm; Wasser 150000 qkm.

Somit beträgt das Areal der nachweislich erschütterten **Ländermassen: 2380000 qkm**[1];

Das gesamte für die Lissaboner Katastrophe in Betracht kommende **Schüttergebiet** beläuft sich auf: **35000000 qkm**[2]).

Das Verbreitungsgebiet des Lissaboner Erdbebens fand stets besondere Beachtung, sobald die Frage über Propagation von Erdbeben gestreift wurde. Man war sich eben wohl bewusst, dass das Beben vom 1. November 1755 eine Erschütterung von ganz ungewöhnlicher Art hervorgerufen, allein auf der anderen Seite zeigte sich das Bestreben, die Grösse der Erscheinung zu schmälern, was man stets mit dem Hinweis begründen zu müssen glaubte, dass ja eine Menge von bezüglichen Daten des glaubwürdigen Rückhalts entbehrten. Aber trotzdem hat sich mit Hartnäckigkeit die Angabe erhalten, wonach der dreizehnte Teil der Erdoberfläche in Mitleidenschaft gezogen wurde. Das ist klar, dass natürlich das Areal des seismisch erregten Meeres einen bedeutenden, ja den grössten Teil davon ausmacht; pflanzte sich ja, wie wir wissen, das Beben über den Atlantic bis zur amerikanischen Küste fort. Wir halten es für wohl angezeigt, auch das Meer für das Schüttergebiet in Rechnung zu bringen, wofür wir vor allem das eine als massgebend erachten, dass ja amerikanisches Land, kontinentales und insulares Gebiet, thatsächlich auch erschüttert wurde, also irgendwelche seismische Verbindung zwischen der Neuen und Alten Welt durch den Meeresboden stattgefunden haben muss. Denn der ungewöhnlich starke Wasserschwall, wie er an den Antillen auftrat, namentlich auch die Bewegung des Ontario-Sees dürfen doch nicht als Ausläufer der an der

---

[1]) Etwa $4\frac{1}{2}$ mal das Areal des Deutschen Reiches.

[2]) Mehr als $\frac{1}{15}$ der gesamten Erdoberfläche.

westeuropäischen Küste erzeugten Flutwelle angesehen werden; so kräftig hätte sich die Erscheinung doch niemals einstellen können. Man glaubte ferner, in die Angaben über die Vorkommnisse in den nördlichen Regionen, so in England, in dem niederländischen und norddeutschen, namentlich aber in dem schwedisch-norwegischen Gebiete, berechtigte Zweifel setzen zu dürfen, weil, wie namentlich v. Hoff betont, die Quellen höchst unsichere wären. Kaum mit Recht; alle die Berichte aus jenen Gegenden lassen sich nicht mehr anfechten als die von anderen Stellen; es stehen glaubwürdige Quellen in genügender Menge zur Verfügung. Die Seenbewegung in Norddeutschland und Schweden, die man vielfach als gänzlich unabhängig vom Lissaboner Beben hinzustellen versuchte, muss, wofür später der Nachweis versucht werden wird, in das Schüttergebiet einbezogen werden.

Das Propagationsgebiet stellt in graphischer Wiedergabe annähernd die Form einer Elipse mit allerdings stärkerer Auswölbung gegen Süden dar; die grosse Achse zieht sich in nordöstlicher Richtung von den Kleinen Antillen bis zum Bottnischen Meerbusen, eine geographische Länge von beiläufig 100 Graden und eine geographische Breite von etwa 50 Graden durchlaufend. Der ganz approximativ aufgestellte Flächeninhalt erreicht hinsichtlich der Grösse die höchste bisherige Angabe von 700000 geographischen Quadratmeilen[1]) zwar nicht, berechtigt jedoch, das Lissaboner Erdbeben unter die gewaltigsten Erscheinungen dieser Art aus historischer Zeit einzureihen.

Erdbebenherd.

Schon des Öfteren musste des „Erdbebenherdes" gedacht werden, wobei stets nur ganz allgemein von seiner ungefähren Lage südwestlich bei Lissabon die Rede war.

---

[1]) Supan, Phys. Erdkunde p. 329; 700000 Q.M.
Hoernes, Erdbebenkunde. p. 199; 300000 „
Credner, Elemente d. Geologie 1891. p. 187; 100000 „
Hollmann, [Günther, Phys. Geographie 1891.] 79000 „

Es begründete sich diese Annahme auf Berichte über Stossrichtungen, wie solche in den nahen Gegenden wie Portugal, Afrika und Madeira empfunden wurden.[1]) Die genaue Lage oder gar die Tiefe des Herdes heute noch bestimmen wollen, wäre vergebliches Bemühen, selbst wenn genaueste Zeitangaben zur Verfügung stünden. Denn diese Frage bedarf immer noch der Aufklärung; alle die modernen Theorien und die darauf gegründeten Theorien erweisen sich, wie Maas[2]) dargethan hat, als haltlos, sobald sie für jedes Beben Verwendung finden sollen. Das lässt sich allerdings mit grosser Sicherheit behaupten: Beim Lissaboner Beben muss der Herd eine ungewöhnlich tiefe Lage besessen haben, denn nur so lässt sich die weite allseitige Verbreitung erklären.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Nicht viel besser steht es, wenn für unser Beben die Fortpflanzungsgeschwindigkeit angegeben werden soll. Zwar wurden in dem letzten Jahrzehnt nach dieser Seite für die Erkenntnis des Wesens der Erdbeben bedeutende Fortschritte gemacht, namentlich durch v. Rebeur-Paschwitz und Schmidt-Stuttgart, allein für ein Erdbeben von solcher Dimension dürfte jeder Versuch misslingen. Die petrographische Zusammensetzung der Erdrinde mit ihren Variationen verhindert ja auf solche Entfernungen jegliches gleichmässige Vordringen der Erdbebenwelle. Jene Behauptung Schmidt's hingegen, wonach die Schüttererscheinungen an der Oberfläche nur die Reflexwirkungen von Strahlen einer tiefen inneren Erdwelle wären, dürfte für das Lissaboner Beben nicht ohne Belang sein, indem vielleicht so die Relais-Erscheinung einer Erklärung näher gebracht werden könnte.

---

[1]) Klein, Jhrb. d. Astronomie 1896, p. 167;
Vergl. Phil. trans. Vol. 51. p. 627.

Um aber doch betreff des Eintritts der Erdstörungen in entlegenen Gebieten eine vergleichende Übersicht zu gewähren, lassen wir einige Zeitangaben folgen, wobei die erste Kolumne die Zeiten für die betreffenden Orte beim Auftreten der Erscheinung aufnimmt; in der zweiten sind diese Zeiten auf Lissabon übertragen; die dritte gibt die östliche oder westliche Entfernung vom Lissaboner Meridian an, die vierte den nördlichen oder südlichen Abstand von der Lissaboner Breite[1]).

Lissabon:	$9^h\ 40^m$	$9^h\ 40$	0°.	0°.
Cadix:	$9^h\ 55$	$9^h\ 52$	3° ö.	2° s.
Madrid:	$10^h\ 17$	10^h —	5° ö.	2° n.
Oporto:	$9^h\ 50$	$9^h\ 40$	0°.	2½° n.
Teplitz:	$11^h\ 30$	$11^h\ 12$	23° ö.	12° n.
Reading:	$11^h\ 00$	$10^h\ 12$	8° ö.	13° n.
Boston:	$12^h\ 30$	$5^h\ 40$	61° w.	4° n.
Madeira:	$9^h\ 30$	$9^h\ 08$	8° w.	5° s.

Die Erschütterung hätte sich demnach in folgenden Zeiten fortgepflanzt:

Nach Cadix	in $0^h\ 03^m$	bei ca.	350	km Entfernung.
Oporto	„ $0^h\ 10$	„	470	„ „
Teplitz	„ $0^h\ 18$	„	2300	„ „
Reading	„ $0^h\ 48$	„	1800	„ „
Boston	„ $6^h\ 50$	„	6700	„ „
Madeira	„ $0^h\ 22$	„	1000	„ „

Da bei der grossen Entfernung nach Boston eine kleine Zeitdifferenz nicht allzusehr ins Gewicht fällt, so geht für diese Strecke eine beiläufige Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit eher an:

$$6^h\ 50^m = 410^m = 24600^s$$

$$6700000 \text{ m} : 24600 = 270 \text{ m}.$$

Somit ergäbe sich für diese Strecke eine mittlere Geschwindigkeit von 270 m pro Sekunde, was übrigens der

[1]) Geographische Länge von Lissabon 9° w. von Greenwich; Geographische Breite von Lissabon 38° 40′ nördl.

vielfach beobachteten Durchschnittsgeschwindigkeit ziemlich entspricht.

Erwähnenswert ist, dass schon 1760 über die Geschwindigkeit der Erdbebenwelle in den Philosophical Transactions auch nach dieser Hinsicht recht interessante Betrachtungen angestellt werden[1]).

In engem Zusammenhange mit der Stosseinrichtung und der Intensität der Stösse, seien dies succussorische oder undulatorische, steht nun eine Reihe von Erdbebenerscheinungen, die unter dem Ausdrucke „Begleitphänomene" zu verzeichnen sind. Die Wirkungen eines Erdbebens sind ja vielseitiger Art, und gerade aus der sorgfältigsten Beobachtung dieser mag man der Klärung der seismischen Erscheinung überhaupt näher rücken. Wie der historische Teil der Abhandlung wohl zur Genüge ersehen lässt, ist das Lissaboner Erdbeben an Begleiterscheinungen reich, wie nicht leicht ein anderes. Und das macht dieses Beben allein schon interessant. Es ist nur immer wieder zu bedauern, dass eben die bezüglichen Überlieferungen zu wenig von jenem wissenschaftlichen Geiste getragen sind, der einer modernen Forschung als notwendige Grundlage dienen muss.

Bodenhebungen und Bodensenkungen.

Wenden wir uns zunächst zum Kapitel der Bodenhebungen und Senkungen. Heim neigt zu der Anschauung hin, dass wohl bei den meisten Erdbeben dauernde Bodenverschiebungen, in horizontaler oder in vertikaler Richtung, stattfinden und auch durch topographische Messungen nachgewiesen werden könnten[2]). Anders schaut sich diese Frage an, wenn wir die Äusserungen eines Suess[3]) hören, der da sagt: „Eine strenge Prüfung lehrt, dass bis zum heutigen Tage eine messbare Ortsveränderung irgend eines Stückes des Felsgerüstes der Erde gegen ein

¹) Phil. trans. Vol. 51. Part. II. p. 627 ff.
²) Hoernes, Erdbebenkunde 1893. p. 87.
³) E. Suess, Antlitz der Erde. I. Bd. p. 227.

anderes, sei es in Form einer Erhebung oder Senkung oder Verschiebung fester Gebirgsteile, nicht mit voller Beweiskraft festgestellt ist"[1]). Aber entgegen der Meinung von Suess mehren sich doch die Beweise für die Heim'sche Überzeugung, und mehrere Beben jüngeren Datums, so namentlich das zentraljapanische von 1891, bekräftigen die Hebungs- und Senkungstheorie. Mit Rücksicht darauf glauben wir, dass die Thatsache der im historischen Teile vorgeführten Bodenveränderungen, die sich bei unserem Lissaboner Beben allerdings meistens auf die Küstengegend erstrecken, nicht von vornherein geleugnet werden darf. Was wäre denn übrigens von einer Berichterstattung noch zu halten, wenn doch klar und deutlich überliefert wird, dass man z. B., wie es beim Beben vom 1. Nov. 1755 der Fall war, bei Colares zwischen zwei Klippen nach dem Beben trockenen Fusses gehen konnte, während bezeichnete Stelle zuvor noch und selbst bei niedrigem Wasserstande mit Küstenschiffen zu befahren war; oder wenn zu Mogador nach dem Erdstosse der Eingang zum Hafen plötzlich 120 Fuss Tiefe mass, während zuvor die zahlreichen Klippen grösseren Schiffen den Zugang unmöglich machten? Ähnlich verhält es sich bei den anderen früher zitierten Vorkommnissen. Man kann hiezu eine Stellung einnehmen, wie man will; jedenfalls vermag das Lissaboner Erdbeben durch verschiedene nicht unwesentliche Beispiele das einschlägige Material zu bereichern.

Man könnte vielleicht entgegenhalten, dass so plötzliche erhebliche Bodensenkungen eigentlich nur auf Rechnung einer mächtigen Spaltenbildung, deren noch später gedacht wird, zurückzuführen wären, aber man würde es dann mit Öffnungen in der Erde zu thun haben, die doch der gewohnten Erfahrung hinsichtlich ihres Umfanges völlig widersprächen. Übrigens berichtet Supan[2]) gleichfalls von un-

---

[1]) Offenbar nur ausgedehnte Flächen oder Massen.

[2]) Supan, Grundzüge . . . 1896, p. 327.

widerlegbaren Senkungen gelegentlich des Erdbebens von Katsch 1819, am Züricher See 1865. Und v. Hoff[1]) kennt vom grossen kalabrischen Erdbeben 1783, bei dem er so manche Ähnlichkeit mit dem Lissaboner Beben herausfindet, mehrere kleinere Fälle, die eine Niveauveränderung des Bodens bestätigten.

Die bei Erdbeben nicht mehr auffällige Erscheinung der Bergstürze, wo gewaltige Felsblöcke in die Tiefe stürzen oder grössere Teile ganzer Berge ins Rutschen geraten, konnten wir auch bei unserem Beben mehrfach verfolgen. Es ist nur zu bemerken, dass die afrikanischen Berichte etwas übertrieben scheinen, wiewohl ihnen ein Bericht über den durch ein Erdbeben 1348 veranlassten Bergsturz des Dobratsch bei Villach in Kärnten an Schrecklickeit der Schilderung in nichts nachsteht[2]). Dass natürlich derartige Felsstürze längst vorbereitet waren, wo also der Erdstoss nur mehr die Rolle eines beschleunigenden Faktors übernimmt, darf wohl für die meisten Fälle anerkannt werden. Beim Beben vom 1. Nov. 1755 trugen sich derartige Ereignisse fast ausschliesslich an der portugiesisch-spanischen Küste zu, so zu Alvidras, Luque, Gibraltar u. a. Nun hebt Griesbach[3]) hervor, dass bei vielen Erdbeben „Flammen“ aus dem Boden schlugen oder Felsstürze von Flammen begleitet wären. Wir führen diese Sache an, weil ja auch aus Colares[4]) ganz dieselbe Erscheinung berichtet wird. Griesbach glaubt, diese wirklich eigenartige Erscheinung mit Folgendem erklären zu müssen: „Bekanntlich werden

[1]) v. Hoff, Veränderungen d. Eroberfl., V. Teil. p. 50 ff.

[2]) G. v. Rath, d. Erdbeben von Belluno; Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1873.

[3]) Griesbach, d. Erdbeb. in den Jahren 1867 u. 1868, Mitteil. d. geogr. Gesellsch. in Wien 1869.

[4]) Vergl. Phil. Trans. Vol. 49; p. 409/11; Vol. 51. p. 576.

Lichterscheinungen und zwar bedeutende beim Zerreissen, Zerstossen, überhaupt beim Trennen fester Körper sichtbar. Wenn nun ganze Felsschichten brechen und zu Thale stürzen, mögen wohl auch bedeutende Lichteffekte stattfinden. Dass dem wirklich so ist, beweisen zahlreiche Bergschlipfe und Felsstürze, wie z. B. der Bergsturz in Goldau 1806; durch die bedeutende Reibung erzeugte sich eine solche Hitze, dass die Feuchtigkeit der Massen in Dampf verwandelt wurde, welcher vermöge seiner gewaltigen Spannkraft das ganze Nagelfluhlager in die Höhe schleuderte. Man konnte dabei ein lebhaftes Aufleuchten wahrnehmen. Auch bei Gletscherstürzen wurden schon Lichterscheinungen beobachtet."

Mögen derlei Lichtphänomene als Folge ungewöhnlich starken Druckes oder, wie man gewöhnlich annimmt, als Wirkungen der Elektrizität aufzufassen sein, für uns kommt lediglich in Betracht, dass die Erscheinungen wie wir sie aus den Lissaboner Erdbebenberichten kennen, auch verlässige Berichterstatter gefunden haben, zu welcher Annahme eben anderweitig wahrgenommene Vorfälle berechtigen.

Spaltenbildung.

In den mehr lockeren, rezenten Bildungen der Erdrinde rufen Erdbeben häufig bleibende Veränderungen durch Spaltenbildung hervor. Die Erdbebengeschichte liefert hiefür Beispiele aus den ältesten Zeiten, auch Plinius weiss von solchen zu erzählen[1]). Auch das Lissaboner Beben zeitigte mehrere solche Fälle, in Portugal, Afrika, England, wiewohl es nach dieser Hinsicht mit dem kalabrischen Erdbeben 1783 nicht annähernd verglichen werden kann. Und dann sind die Berichte darüber in so fragwürdiger Fassung auf uns gekommen, dass man bei einzelnen Fällen, so bei der Spalten-

---

[1]) Zit. bei Journal Etranger. Avril 1756. p. 145.

bildung auf dem St. Katharinenberg zu Lissabon, bei Meknesa, den wahren Sachverhalt nur schwer herausfinden kann. Die Mitteilungen über die Spaltenbildung in Petworth und Derbyshire scheinen dem Sachverhalte völlig zu entsprechen, denn dass entstandene Öffnungen sich bisweilen sehr rasch wieder schliessen, dafür liefert uns z. B. das Erdbeben zu Belluno 1873[1]) einen Beweis, wo ein mehrere hundert Meter langer und ein Meter breiter Erdspalt in Bälde wieder verschwand. Aus den Rissen drang damals auch schlammiges, übelriechendes (schwefelwasserstoffhaltiges) Wasser, wie solches beim Lissaboner Beben für die Spalten bei Colares, Tanger, Meknesa und Gemenos vorgefallen.

Störungen von Binnengewässern.

In Anbetracht der Änderungen in den Gesteinslagen, mögen sie auch unbedeutend sein, kann es kaum auffallen, wenn bei Erdbeben so häufig Störungen in Brunnen, Quellen und Teichen wahrgenommen werden. Wir wissen, dass gerade nach dieser Seite hin das Lissaboner Beben sich besonders auszeichnet, was eben nur auf die ungewöhnlichen starken Stösse zurückgeführt werden kann. v. Hoff hat sorgfältigste Mühe darauf verwendet, derartige Erscheinungen aus allen Ländern, namentlich aber aus jenen Gegenden, die für das Lissaboner Erdbebengebiet in Betracht kommen, zusammenzustellen, um dadurch das Auftreten solcher Störungen mit ihrer Lage in vulkanischen Strichen in Zusammenhang zu bringen, bezw. um so darzuthun, dass die Störungen von Gewässern im Innern der Erdrinde eben chemischer und nicht mechanischer Natur seien. Diesen Standpunkt kann man ja heutzutage nicht mehr vertreten, aber v. Hoff hat eine Übersicht geschaffen, die gerade für unser Beben von ganz besonderem Interesse sein muss, weil darin festgelegt ist, dass Gegenden wie die Pyrenäen,

---

[1]) Hoernes, Erdbebenkunde 1893. p. 98.

Provence, Piemont, Schweiz, Thüringen, Böhmen u. a. überhaupt solchen Störungen ausgesetzt sind. Wir begegnen dort zahlreichen Namen, die uns auch vom Lissaboner Beben her bekannt sind. Es sei daher im Interesse dieses Teiles der Abhandlung auf jene Schrift verwiesen[1]).

Die seismische Wirkung auf Quellen und Brunnen kann natürlich eine sehr verschiedene sein; bald versiegen sie; bald tritt eine Verstärkung ein; sie werden wärmer, kälter; sie ändern ihren Geschmack, ihre Farbe. All diese Erscheinungen konnten wir in Menge im ersten Abschnitte verfolgen. Die stürmischen Erregungen dieser Gewässer, wobei oft aller erdenkliche Unrat mit aufgewühlt wurde, sind eben bloss die unmittelbare Folge der Erdbewegung und der dadurch bedingten Alluvion der Grundwasser. Solche Erscheinungen waren auch den Alten schon bekannt; so soll Pherekydes aus dem plötzlichen Mangel an Wasser in den Brunnen ein Erdbeben vorausgesagt haben; und nach Plinius[2]) hätten die Naturalisten die Unruhe und das Übelriechen der Gewässer als sicheres Vorzeichen eines Erdbebens angesehen. Unter den Blutströmen, wie sie z. B. bei Fez und Meknesa hervorbrachen, ist eben auch nichts anderes als Grundwasser zu verstehen, das mit feinsten Gesteinsteilchen, vielleicht Eisenoxyderde, geschwängert war. — Räumlich am weitesten entfernt von Lissabon ist die Quellenstörung zu Teplitz, welche ganz besonderes Aufsehen, schon durch die Intensität ihrer Erscheinung, verursacht hat. Nun, früheren Ausführungen zufolge, ist die Entfernung nicht so sehr massgebend, so lange die kritische Stelle überhaupt dem Schüttergebiete angehört, 'wenn nur die Disposition zu Änderungen in der Gesteinslage vorhanden. Nun hat sich gerade im Jahre 1824 beim böhmischen Erd-

---

[1]) v. Hoff, Veränderungen d. Erdoberfl. III. Teil.
[2]) Favaro, Intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti, Venedig 1874.

beben wiederum deutlich gezeigt, wie leicht am südlichen, (steilen) Abhange des Erzgebirges Quellenstörungen vorkommen können. Hallaschka[1]) in Prag versichert nämlich, dass damals mehrere Quellen, die Jahre lang versiegt waren, plötzlich wasserreich wurden, und dass ausgetrocknete Brunnen wieder Wasser gaben.

Nicht ohne Belang dürfte auch der Umstand sein, dass sowohl die Teplitzer- wie Aix-les-Bains-Thermalquelle aus Spalten hervorbrechen, erstere[1]) aus einer 100 m vertikal verschobenen Verwerfungsspalte, letztere[2]) aus einer Spalte des höhlenreichen Kalkfelsens Mauxi[3]).

Jenes Phänomen, durch welches das Lissaboner Beben vor allen andern charakteristisch geworden, ist die Beunruhigung von Binnenseen; und gerade diese am 1. November 1755 so auffallend hervortretende Erscheinung wurde und wird immer noch in ihrem kausalen Zusammenhange mit dem Erdbeben angezweifelt. Diese Thatsache kann nur darin seine Begründung haben, dass offenbar aus mangelnder Kenntnis der Quellen einzig und allein auf die Seenbewegung Bedacht genommen, nicht aber auch die Möglichkeit einer wirklich empfundenen Erderschütterung in Erwägung gezogen wurde. Wir wissen, dass Bodenbewegungen in den fraglichen Seengebieten durchaus nicht so selten auftraten, und die weitere Erörterung versucht, darzulegen, dass solche Erschütterungen vor und nach dem Jahre 1755 keineswegs zu den Seltenheiten zählten.

Wir möchten für die Erledigung dieser Frage eine Teilung eintreten lassen, die allerdings nur durch die örtliche Lage der Seen bedingt erscheint: In jene, die gebirgigen Gegenden, nämlich dem Alpengebiete und dem deutschen Mittel-

---

[1]) Kastner, Archiv f. d. Naturlehre I. Bd. p. 321. Nürnb. 1824.
[2]) Klein, Jhrb. d. Astr. V. Bd, 1894. Ursprung d. Tepl. Therme.
[3]) Gaea, 22. Band, p. 280.

gebirge, angehören, und in jene, welche mehr dem norddeutschen Flachlande, der baltischen Seenplatte einzureihen sind. Und zwar deshalb, weil nur für letztere die strittige Frage aufgeworfen wurde.

Für sämtliche Seenstörungen in den Alpen dürfen wir ohne weiters als Ursache die durch das Erdbeben erzeugte Bewegung des Bodens annehmen, oder was bei verschiedenen, sehr wahrscheinlich beim Hecht-See der Fall gewesen, eine wirkliche geotektonische Veränderung der dem See benachbarten Schichten. Nun hat allerdings Forel durch eingehende Untersuchungen gerade an einem alpinen See, dem Genfer-See, mittels eines sehr empfindlichen Limnimeters gefunden, dass Erderschütterungen auf grössere Wasserbecken keinen oder wenigstens sehr geringen Einfluss ausüben. Wollen wir das gelten lassen, so kann das oft ungestüme Gebahren der Wassermassen wohl nur auf Dislokationen an den Rändern oder am Boden des Wasserbeckens zurückzuführen sein; denn die Ausbrüche von Gasen, das Aufwerfen von Schlamm und Unrat deuten durchaus nicht auf vulkanische Erscheinungen, sondern haben nur, hervorgerufen durch die gewaltigen Kompressionen und Konvulsionen unter hohem Drucke nur als sekundäre Erscheinungen zu gelten. Die Beunruhigung des Hecht-Sees hat doch durch sein zweimaliges Ungestüm, im Jahre 1755 und 1761 und zwar am selben Tage und fast zur selben Stunde, wo Lissabon zu leiden hatte, deutlich bewiesen, dass diese Koincidenz wohl kaum dem Zufalle zugeschrieben werden darf[1]). Übrigens, sobald hinsichtlich der Quellenstörung der Zusammenhang mit dem Lissaboner Erdstosse als bestehend anerkannt wird, liegt kein Grund vor, diesen betreffs der Seenbewegung zu leugnen, denn für diese wie für jene ist eine Änderung in den Gesteinslagen ein massgebender Faktor. Es liessen sich vergleichende Beispiele der Menge nach anführen; wir

[1]) Vergl. Günther, Handbuch d. Geophysik, I. Bd. p. 447 (1897.)

unterlassen dies und begnügen uns, einen Fall aus allerjüngster Zeit, der allerdings wissenschaftlich noch nicht beglaubigt ist, nach der Zeitungsnachricht[1]) wiederzugeben: „Am Abend des 6. Mai, am Tage, da in der Gegend von Bern ein Erdbeben stattgefunden hatte, trat eine auffallende Trübung der sonst krystallhellen Fluten des „Blauen Sees“ im Kanderthale ein. Das Bassin glich einer Schale stark bläulicher Milch, und man sah kaum mehr als einen Meter in die Tiefe. Nach einigen Tagen konstatierte man eine totale Änderung des Seegrundes. Während das Becken vorher eine gleichmässig glatte Senkung nach der Mitte hinwies, so gewahrt man jetzt etwa 9 Meter vom Uferrand eine fast senkrechte Wand. Die seit uralter Zeit auf dem Grunde gelegenen Baumstämme schweben nun frei über demselben. Zweifellos ist das vorausgegangene Erdbeben Ursache der Erscheinung“. Und wir dürfen die feste Überzeugung hegen, dass wohl die meisten Seen, die sich 1755 so sehr stürmisch zeigten, eine mehr oder weniger starke Umgestaltung des Beckens erfahren haben.

Mit dem See von Salzungen in Thüringen, das bekanntlich ziemlich deutlich die Spuren einer Erderschütterung erkennen liess, befasste sich auch v. Hoff[2]) dem es sehr darum zu thun war, in die Entstehung des Sees Klarheit zu bringen. Da nämlich thatsächlich in der Nähe, so zu Altenstein, Glücksbrunn, Liebenstein u. s. w. Kalkgestein ansteht, so erachtet es v. Hoff schon für möglich, dass ein Einbruchsbecken vorliegt, allein er neigt doch mehr zur Ansicht, dass das Becken eine zurückgesunkene vulkanische Erhebung oder ein vulkanischer Krater sei, zumal die ganze Umgebung vulkanischen Charakter trage. Allein wir glauben,

---

[1]) Münchner Neueste Nachrichten. Jhrg. 1898. N. 335.

[2]) Poggendorff, Annalen der Physik und Chemie. XIX. Bd. Leipzig 1830.

Der See bei Salzungen u. einiges über Erderschütterungen in Thüringen.

dass mit der Klärung der Entstehungsfrage wenig für die Begründung des plötzlichen Sinkens und Steigens des Sees gedient ist. Denn wäre wirklich ein Einsturz des Bodens in grössere Tiefe erfolgt, so fehlt jegliche Erklärung für die Erscheinung der Wiederkehr zur alten Höhe. Es kann sich wohl nur um ein rasches Öffnen und Schliessen einer Kluft handeln, wie solches ja als möglich erwiesen ist. Wahrscheinlich ist wohl, dass eine ziemliche Übertreibung der Berichterstattung vorliegt; denn es brauchten sich die Wassermassen nur an das gegenseitige Ufer zurückgezogen haben, dann lag ja auch ein Teil des „Grundes" trocken und den Gradierwerken wurde auch für eine Zeit das Wasser zum Betriebe entzogen. Es hat schon v. Hoff auf Widersprüche der verschiedenen Angaben aufmerksam gemacht, jedoch die Thatsache einer ungewöhnlichen Seenbewegung bleibt bestehen. v. Hoff findet es ferner sehr auffallend, dass auch 1827 am selben Tage[1]), wo sich in Lissabon wieder ein Erdbeben ereignete, auch wieder der Salzunger-See in Unruhe geriet. Es scheint, dass damit wiederum ein Beweis erbracht ist, dass zwischen Lissabon und deutschen Seen eine subterrane Verbindung besteht, d. h. dass ein Erdstoss an der einen Stelle eine Unregelmässigkeit an der anderen auszulösen im Stande ist.

Weit mehr Interesse haben nun in der Wissenschaft die Erscheinungen in den Gewässern der baltischen Seenplatte erregt. Immer wieder und namentlich in der neuesten

[1]) Allgemeine Zeitung 1828. N. 6. p. 21.
Poggendorff, Annalen 19. Bd. p. 460.

Eine auffällige Bewegung des Sees fand noch statt am 7. 1. 1830. Dorfzeitung 1830. N. 14. p. 53. — Als erste Quelle für „Salzungen" kann gelten: „Betrachtung über die Ursachen der Erdbeben und bisherigen Witterung u. s. w., Leipzig 1756. p. 100.

Ferner erwähnenswert: Historisch statistische Beschreibung d. gefürst. Grafschaft Henneberg. T. I. p. 39.

Zeit wurde ihr Verhalten am 1. Nov. 1755 Gegenstand gelehrter Abhandlungen und zwar deshalb, weil eben diese Störungen über einen weiteren Raum hinaus (scheinbar) beobachtet wurden, als die Erschütterung selbst reichte. Aus dem historischen Abschnitte wissen wir, dass dem nicht so ist, und für uns müssten eben diese Flachlandseen in gleicher Weise wie die anderen in Betracht kommen. So aber forschte man vergeblich nach einer befriedigenden Ursache und so kam es, dass man das Phänomen mit dem der „Seiches" in Verbindung brachte; nur E. Boll, der besondere Kenner der Ostseeländer, blieb fest bei dem Gedanken stehen, die gesamte Wasserbewegung zwischen Eider und Oder sei als Ausfluss der durch das Lissabonner Beben hervorgerufenen Erderschütterung zu betrachten. Auch Krümmel[1]) hält den seismischen Charakter des „Seebären", — unter dieser Bezeichnung kennt man die ungewöhnlichen Wellenbewegungen an der Ostsee — für nahezu erwiesen. Ersterer liess sich zu seiner Ansicht vornehmlich durch eingehendes Studium der Erscheinungen von 1755 bestimmen, namentlich aber war für ihn eine persönliche Erfahrung ausschlaggebend, die er 1852 am Tollensee, einem kleinen Landsee an der Grenze von Meklenburg-Schwerin und Meklenburg-Strelitz, machen konnte[2]). Günther hat die Erfahrungen über das Seichephänomen einer vergleichenden Prüfung in einer Abhandlung[3]) unterstellt und kommt zum Resultate: „Die sog. Seebären gehören ebenso, wie viele andere jähe Sturmfluten, deren Energie sich schon nach wenigen Anschwellungen erschöpft, zu den als Seiches bekannten Vertikalschwingungen des Spiegels geschlossener Wasserbecken.

---

[1]) Krümmel, Ozeanographie II. Bd. 1887. p. 119.
Hahn, Geogr. Jhrbuch, XX. p. 212.

[2]) E. Boll. Geognosie d. Ostseeländer 1846.
Archiv d. Vereins f. Freunde d. Naturgesch. E. Boll 1851.

[3]) Mitteilungen d. k. k. geogr. Gesellschaft zu Wien, zitiert in Gaea 25. p. 332.

Cyklonartige Stürme vom Typus der Fallwinde müssen in den bisher näher untersuchten Fällen als für die Auslösung der oszillatorischen Bewegung massgebende Ursache anerkannt werden, wogegen die ältere an die Stosswirkung seismischer Impulse anknüpfende Hypothese theoretisch zwar verfänglich, mit praktischen Erfahrungen aber, vorläufig wenigstens, unverträglich erscheint." Also die Erscheinung der „Seiches" wäre ein Produkt atmosphärischer Kräfte; starke Luftdruckunterschiede bilden die notwendige Voraussetzung für das Zustandekommen der eigenartigen Wellenbewegung. Aber gerade die Feststellung der heiklen Frage in vorgenanntem Sinne dürfte eine sichere Gewähr dafür bieten, dass die Störungen am 1. Nov. 1755 mit dem Seiche-Phänomen nichts zu thun haben, denn bei allen Berichten wird ausdrücklich bemerkt, dass völlige Windstille, normaler Barometerstand, überhaupt schönes, heiteres Wetter überall beobachtet worden. Und schon aus diesem Grunde darf man sich eher für den seismischen Charakter der Erscheinung entscheiden.

Dann muss man auch bedenken, dass sich die Beunruhigung der Seen nicht etwa blos auf das deutsche Gebiet beschränkt, sondern in fast gleichem Grade die schwedische Seenplatte betraf, die sich in einer beiläufigen Breite von 200 km vom Skager Rak ostwärts gegen den Finnischen Meerbusen zieht; in gleicher Weise sehen wir die Verhältnisse im ostenglischen Gebiete. Das ist wohl kaum denkbar, dass diese drei Gebiete von einem starken Druckgradienten zur selben Zeit und in derselben Weise beeinflusst worden wären. Und fragen wir schliesslich nach der Disposition zu seismischen Phänomenen in fraglichen Gegenden, so finden wir die Bedingungen hiefür gewiss gegeben: Auf festem Untergrunde lockere Bodenschichten; überall die Reste glazialer Bildungen, die ohnehin Wasserstörungen besonders begünstigen. So zieht sich gegen die Ostsee in mässiger Tiefe eine mächtige Kreideplatte, die von häufig unterbrochenen Alluvial- und Diluvialbildungen bedeckt ist. Die

zahllosen Seen weisen übrigens nicht jene „unergründliche“ Tiefe auf, wie sie vielfach angegeben ist; es sind das meistens Angaben von Fischern, die an der Maximaltiefe ihrer Seen kein Interesse haben konnten. Was die englischen Seen betrifft, so hält Davis[1]) an ihrem glazialen Ursprung fest; ob sie nun als Schmelzräume ehemaliger mächtiger Eisblöcke oder als Evorsionskessel aufzufassen sind, ist für uns weniger von Bedeutung; wichtig aber bleibt die Thatsache, dass gerade die Bewässerung dieser drei Moränengebiete beim Lissaboner Erdbeben eine so hervorragende Rolle gespielt hat[2]).

Die Beunruhigung des Ontario-Sees in Nordamerika ist gewiss auch nur eine Sekundärerscheinung des transatlantischen Erdbebens. Und wenn sich die Störungen schon vor dem 1. Nov. bemerkbar machten, so spricht dies nur für den seismischen Charakter der Erscheinung; denn auf das Wasserbecken konnten die das Beben vorbereitenden leichteren Verschiebungen viel eher eine beunruhigende Wirkung ausüben als auf die oberflächlichen Erdschichten. Es fällt vielleicht auf, dass der benachbarte Erie-See nicht die geringste Unregelmässigkeit zeigte; allein dies befremdet kaum, wenn man bedenkt, dass gerade zwischen diesen beiden Seen eine Verwerfungsspalte sich hinzieht, so dass der Erie-See genau 100 Meter höher liegt als sein Nachbarsee, der eine Meereshöhe von 70 Metern besitzt.

Flutwelle des Meeres.

Gleichbedeutend mit der terrestrischen Erschütterung gelegentlich des Lissaboner Erdbebens ist, sofern man die

---

[1]) Archiv d. Vereins der Freunde d. Naturgeschichte in Meklenburg 1896. p. 271.

[2]) Über Geognosie und stattgehabte seismische Störungen in den Ostseeländern geben Bolls Schriften Aufschluss:
Geognosie der deutschen Ostseeländer, Neubrandenburg 1846.
Archiv d. Freunde für Naturgeschichte in Meklenburg, 1851.

schlimmen Folgen ins Auge fasst, auch die durch das Beben erzeugte Flutwelle. Im ersten Abschnitte konnten wir die Überzeugung gewinnen, dass in vielen Fällen die fürchterliche Wasserflut das Unglück eigentlich erst voll gemacht hat. Wie gewaltige Mauern wälzten sich die wogenden Wassermassen gegen die portugiesischen, spanischen und afrikanischen Küstenstädte, deren Einwohner sich vom Schrecken des Erdbebens noch nicht erholt hatten. Die Berichte hierüber können nicht angezweifelt werden; erfuhren sie ja durch eine Menge solcher von Flutwellen begleiteten Beben, worunter sich namentlich japanische und peruanische auszeichnen, hinreichende Bestätigung. Über derartige Flutbewegungen wurde schon viel geschrieben, ohne dass eine definitive Klärung dieses Phänomenes erzielt worden wäre[1]). Die Berichte über die Erscheinung vom 1. November 1755 heben leider die entscheidenden Momente zu wenig hervor, es wird eben nur ein allgemeines Bild entworfen über die Zeit des Eintritts und die Art des Phänomenes. Was sich annähernd beurteilen lässt, ist das eine, dass in der Nähe des Erdbebenherdes die Flut erst geraume Zeit nach dem ersten Stosse auftrat, die Angaben variieren zwischen 30 und 60 Minuten, während sich mit der Entfernung die Erschütterung und Flutwelle immer mehr verschmelzen. v. Hoff[2]) leitet das Anfluten der Wassermassen gegen die Küste auf die Entstehung einer riesigen Spalte längs des Meridians von Lissabon zurück, zu welcher Vermutung ihn das Versinken des Marmorkais zu Lissabon und das Verschwinden der Felsenriffe zu Mogador veranlassten. Man geht wohl nicht fehl, wenn man thatsächlich eine grosse Veränderung im Meeresboden nahe der Küste voraussetzt; denn die Bewegung des Kontinentes in seiner Gesamtheit dürfte eine so ungeheure Bewegung kaum allein zuwege

---

[1]) Gaea 17. p. 354. Rochel-New-York, Gaea 18. p. 19; Gaea 17. p. 9. Graf Berg, Gaea 17. p. 409. Geinitz.
[2]) v. Hoff, Veränderungen . . . III. Teil. p. 418.

bringen. Dass sich die Flutwellen viel weiter und leichter fortpflanzen als die Erschütterung in der Erdrinde selbst, ist bei der Kohärenz und Homogenität des Wassers leicht einzusehen. Bei dem Ausbruche des Inselvulkans von Krakatau hat sich die Flutwelle nicht bloss im Indischen und Grossen Ozean, sondern selbst im Atlantischen Meere fühlbar gemacht. Allein eine allmähliche Verflachung muss doch, namentlich wenn die Woge in ihrem Laufe auf Hindernisse stösst, eintreten. Es ist ja möglich, dass die Flutwelle bei den Kleinen Antillen mit derselben Intensität wie zu Lissabon auftrat, möglich aber auch, dass diese Stärke vielfach durch die Bodenerschütterung in den Kleinen Antillen selbst bedingt war. Von der nordamerikanischen Küste nämlich, die doch die Welle auf direktem Wege empfangen musste und dem Erdbebenherde näher liegt, verlauten durchaus nicht diese schlimmen Berichte. Allerdings muss betont werden, dass sich die Meerestiefe an der transatlantischen Küste früher vermindert als vor den westindischen Inseln, so dass die Wogen frühzeitig in ihrer freien Entfaltung gehindert worden sein mögen.

Wenn wir übrigens nach den durch die Flut am ärgsten heimgesuchten Punkten Umschau halten, so finden wir auch beim Lissaboner Beben die Erfahrung bestätigt, dass sich die Wassermassen in den trichterförmig sich verengenden Buchten am schrecklichsten aufbäumen, z. B. in der Tejobucht — Lissabon, Sadobucht — Setubal, Douromündung — Oporto, zu Cadix, Cork u. a.

Es wurde schon erwähnt, dass das Flutphänomen ganz ungleich und in verschiedenen Zeiträumen nach der ersten Erschütterung auftrat, so zu Lissabon erst nach einer Stunde, auf Madeira nach einer halben Stunde, zu Cork fast gleichzeitig. Auf der Insel Saba[1]), südlich von St. Martin, traf die Flut um $^1/_2$11 Uhr ein; das entspricht einer Lissaboner Zeit von 7 Uhr 6 Minuten, so dass die Wasserbewegung

[1]) Phil. trans. Vol. 49. p. 669.

etwa 8 Stunden 26 Minuten gebraucht hätte[1]), um einen Weg von mehr als 6000 km zurückzulegen. Die Geschwindigkeit der fortschreitenden Welle betrüge also ungefähr 200 m pro Sekunde, was nicht allzusehr von jener abweichen würde, welche für die Flutwelle des Erdbebens von Simoda in Japan[2]) gefunden wurde. Diese durchlief nämlich den Pazifischen Ozean (8400 km) in 12 Stunden 38 Minuten, also mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 183 m in der Sekunde.

Wohl ist auf uns eine vereinzelte Nachricht[3]) gekommen, wonach die Bewegung sich auch nach Island und Grönland ausgedehnt hätte. Nun ist aber doch jene Mitteilung viel zu wenig verbürgt, als dass man auch diese Stellen in den Affektionsbezirk mit einrechnen dürfte; und dann hat diese Notiz auch insoferne geringe Wahrscheinlichkeit, als doch die Bewegung zunächst eine westliche und südwestliche Richtung nahm und eine seitliche Beunruhigung des Ozeans bis in eine nördliche Breite von 60 oder gar 70 Grad wenig Glauben finden kann.

Schluss.

Ein Rückblick auf das Ganze, und es drängt sich uns die Empfindung auf:

> Das Lissaboner Erdbeben vom 1. Nov. 1755 war eine epochemachende Naturerscheinung hervorragendster Art; gewaltig in seiner Ausdehnung, schrecklich in seinen Folgen, in all seinen Einzelerscheinungen wissenschaftlich bedeutsam, kurz ein grosser Moment in der Geschichte der Erdbeben. —

---

[1]) Entstehung auf $10^h\ 40^m$ angesetzt.
[2]) Hann etc., Allg. Erdkunde 1896, p. 303.
[3]) J. A. E. M. p. 24.

Litterarischer Index.

Geographischer-Index.

Nachtrag.

1. Am 1. Nov. nachmittags wurde von dem Prediger zu Lochau, drei Stunden von Halle, eine leichtere Erschütterung wahrgenommen; man machte sich daraus nicht viel; trotzdem wurde aber der Vorfall aufgezeichnet.

Seyfart . . . p. 47. —

2. Kant bringt mit dem Erdbeben eine Erscheinung zu Tuam in Verbindung: In der Luft soll eine Lichterscheinung beobachtet worden sein, die sich als eine Art von blau bis rotfarbigen Wimpeln oder Flaggen darstellte.

Kant, Beschreibung . . . p. 264. — (St. Elmsfeuer!)

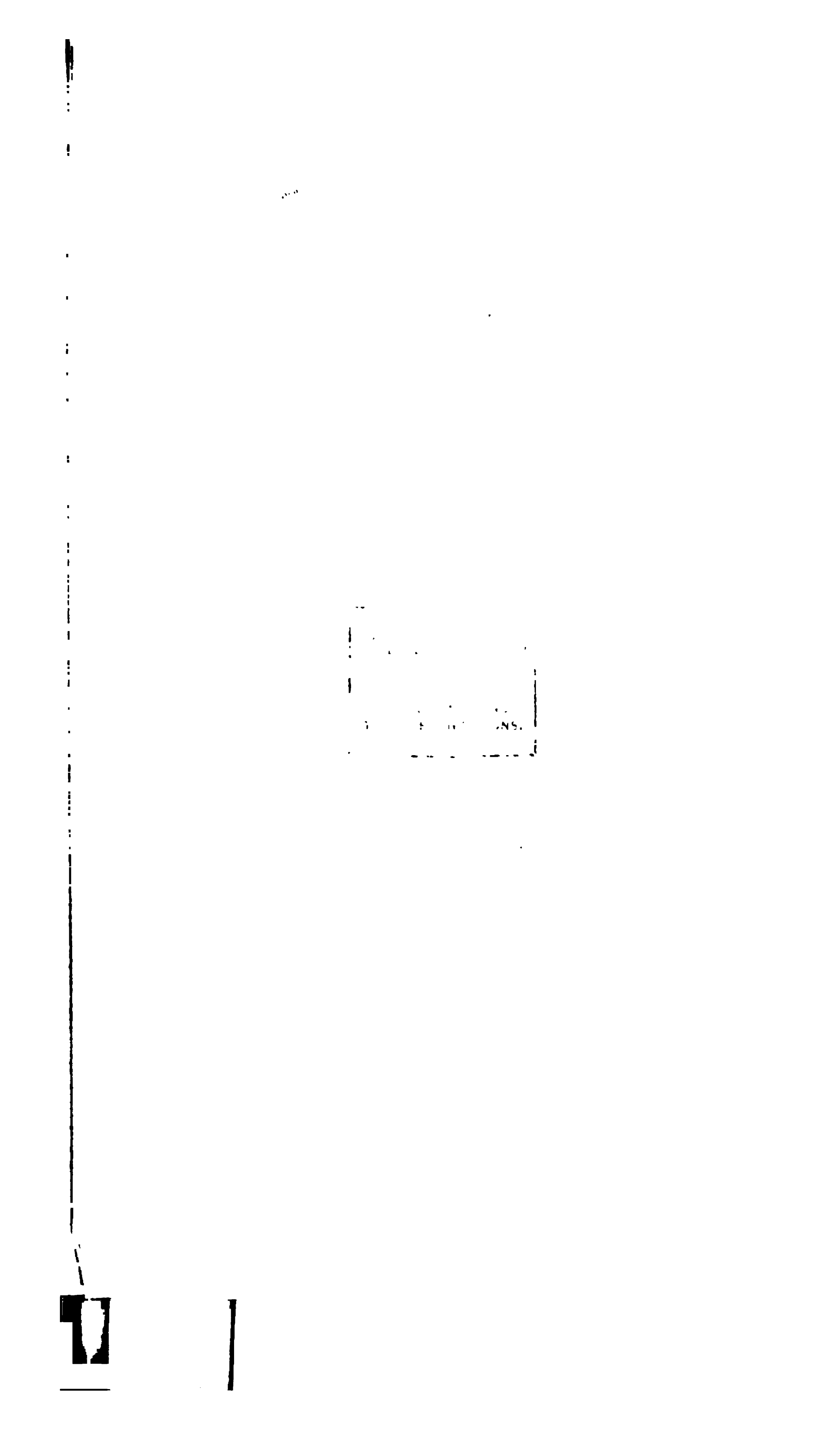
3. Palassou: Memoires pour servir de l'histoire nat. des Pyrénèes 1819. p. 100—305.

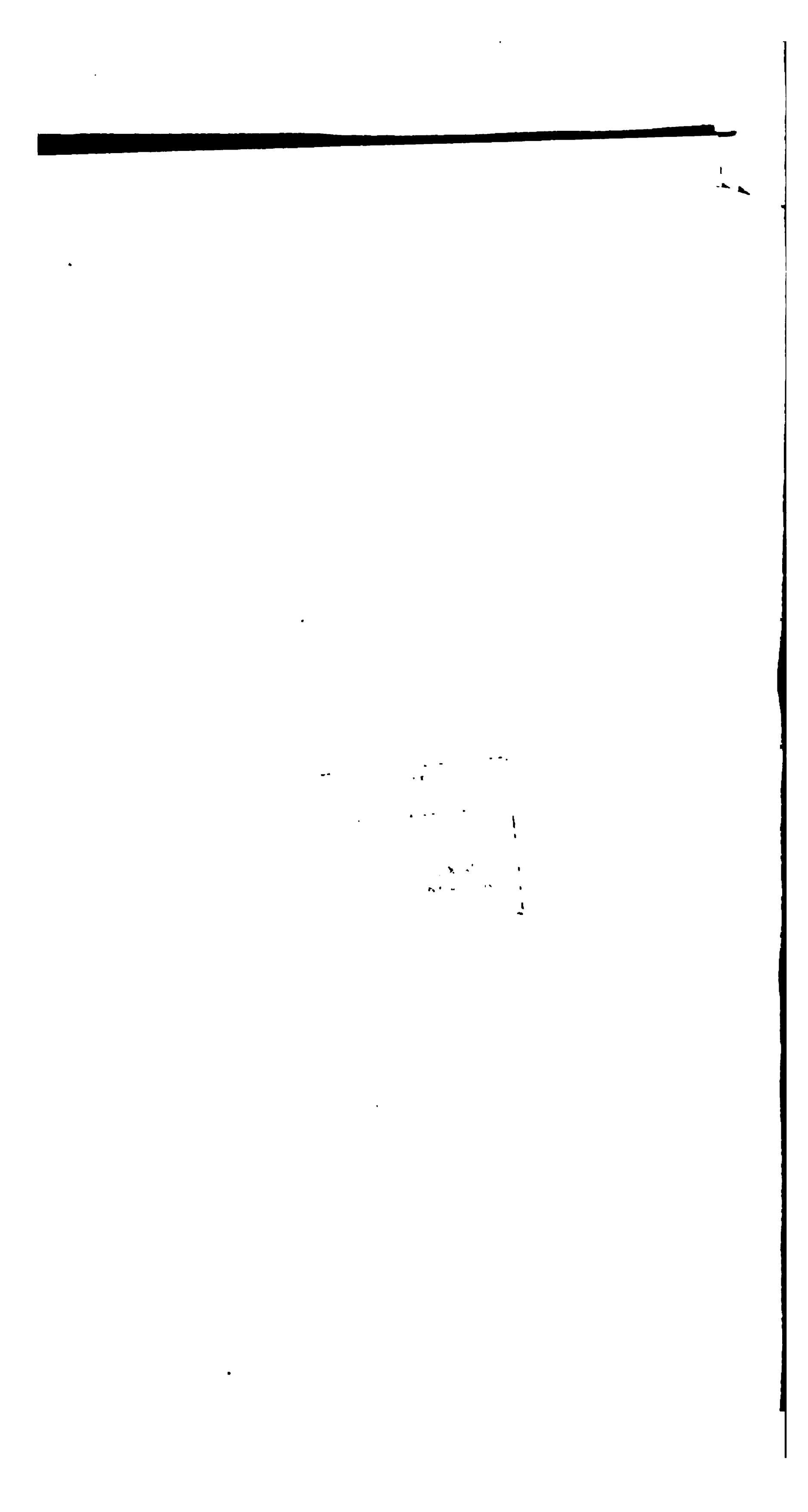
4. In der Provinz Connecticut glich der Erdboden infolge der Bewegung dem Wogen des Meeres; die Bäume wurden trotz Windstille heftig hin und her geschüttelt. In den englischen Pflanzstädten waren die Stösse derart, dass viele Häuser erschüttert wurden.

Seyfart . . . p. 219. —

Berichtigungen.

S. 1. Z. 1 ist der 12. deutsche Geographentag zu Jena 1897 gemeint.
S. 2. Z. 7 „behaglichem“ statt „behaglichen“ Indifferentismus.
S. 6. Z. 9 „Einleitung“ statt „Hinleitung“.
S. 7. Z. 8 „étrangères“ statt „étrangerès“.
S. 8. Z. 37 „sur le désastre“ statt „les“.
S. 8 Z. 45 Zu ergänzen: Lehmann . . . . Berlin, bei G. A. Lange 1
S. 10 Z. 10 Lissaboner „Beben“ statt „Leben“.
S. 15. Z. 1 „Xeres“ statt „Heres“.
S. 17. Z. 33 „pourrait“ statt „paurrait“.
S. 18. Z. 27 Gemeint die Detailberichte p. 22—25.
S. 25. Z. 3 „Pinhel“ statt „Pinkel“.
S. 48. Anm. 1 Siehe Nachtrag „p. 149“ statt „p. 206“.
S. 59. Anm. 5 Siehe Nachtrag „p. 149“ statt „p. 206“.
S. 62. Z. 21 „Cuxhaven“ statt „Cuxhafen“.
S. 63. Z. 8 „Bramstedt“ statt „Barmstedt“.
S. 70. Z. 7 Zu ergänzen als Ueberschrift: „c) Störung von Binnenge
S. 79. Z. 14 Zu ergänzen: „Nachtrag p. 149“.
S. 79 Z. 15 „des“ Westatlantik statt „der“.
S. 80. Anm. 4 zu ergänzen: „Nachtrag p. 149“.





MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

NEUNTES STÜCK:

KRÄUSELUNGSMARKEN UND DÜNEN

VON

DR. ERNST BERTOLOLY
K. REALLEHRER IN NEUSTADT a. d. H.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1900.

MÜNCHENER
GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

NEUNTES STÜCK:

KRÄUSELUNGSMARKEN

UND

DÜNEN

VON

DR. ERNST BERTOLOLY
K. REALLEHRER IN NEUSTADT a. d. H.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1900.

KRAÜSELUNGSMARKEN

UND

DÜNEN

VON

ERNST BERTOLOLY.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1900.

Inhalt.

Einleitung.

Bis vor wenigen Jahren war in geologischen Kreisen bei der Beurteilung der grossen innerafrikanischen Wüste, ihres Charakters und ihrer Entstehung die Ansicht massgebend, dass die Sahara der Boden eines diluvialen Meeres[1]) wäre, eine Ansicht, die sich noch heutzutage in der Laienwelt zu halten vermag. Die neueren Untersuchungen aufopferungsfähiger Forscher haben die Richtigkeit dieser Annahme in jüngster Zeit in Frage gestellt. Die Sahara zur Diluvialzeit.

Um mit der alten Theorie zu brechen, galt es zunächst, die Belege, welche die Anhänger derselben zur Begründung ihrer Ansicht vorbrachten, näher zu prüfen und auf das richtige Mass von Glaubwürdigkeit zu beschränken. Vor allen Dingen[2]) wies man auf die gewaltigen Sandanhäufungen in der Sahara für die Existenz eines Diluvialmeeres hin. v. Zittel und Walther, der im Jahre 1887 die Sinaihalbinsel und die Galawüste bereiste und demnach die Wüste aus eigener Anschauung kennen lernte, unterzogen die bisherige Entstehungstheorie der Sahara einer scharfen Kritik und kamen auf Grund eingehender Untersuchungen, wie so viele andere,[3]) zu dem Resultate, dass der Wüstencharakter aus der Wüste selbst zu erklären sei, dass die Bildung des Sandes nichts zu thun habe mit einem diluvialen Meere, sondern auf die Verwitterung der Gesteine zurückzuführen sei.

---

¹) Afrika. Eine allgemeine Landeskunde von Sievers, S. 117.
²) Sokolow „Die Dünen". Bildung, Entwickelung und innerer Bau (russisch). Deutsch von Arzruni, Berlin 1894, S. 192.
³) Sokolow, S. 192—200.

Die Entstehung des Saharasandes.

Vor allem ist der schroffe Temperaturwechsel in der Sahara ein Faktor, welcher die Entstehung des Sandes noch heute verursacht. Infolge der täglichen Insolation werden die Gesteine daselbst sehr stark erhitzt; nach Sonnenuntergang jedoch kühlen sie sich infolge der Wärmeausstrahlung des Bodens bis zum frühen Morgen wieder ab. Die wechselnde Temperatur[1]) bewirkt, dass die Gesteine sich am Tage ausdehnen und des Nachts zusammenziehen. Es ist zudem, da sich die Sonnenstrahlen nur bis zu einer verhältnismässig geringen Tiefe geltend machen, kein Zweifel, dass der Boden an seiner Oberfläche stärker erwärmt wird wie im Inneren. Da ferner die meisten Gesteine aus mehreren Gemengteilen bestehen, denen ein verschiedener Ausdehnungskoëfficient zukommt, ist es naheliegend, dass die tägliche Insolation einerseits, die Abkühlung bei Nacht andererseits von grosser Bedeutung für die Gestaltung des felsigen Terrains sein muss. Die Gesteine dehnen sich nämlich infolge ihrer ungleichmässigen Erwärmung, infolge ihrer heterogenen Bestandteile in ihren einzelnen Teilen verschieden aus, so dass durch den immerwährenden, sich stets erneuernden Prozess, den die wechselnden Temperaturen einleiten, ein Lockern des ganzen Gefüges und Aufbaues stattfindet. Die Kohäsion der einzelnen Teilchen wird geringer, und sie verlieren zuletzt ihren molekularen Zusammenhang. Das Gestein springt, zerbröckelt und ist somit, wenn nicht der einzige, so doch der wichtigste Sandbildner in der Wüste. Der Verwitterung unter dem Einflusse von Luft und atmosphärischer Feuchtigkeit ist bei diesem Prozesse ebenfalls eine nicht unbedeutende Rolle zuzuweisen. Atmosphärische Niederschläge sind in

---

[1]) Im Winter beträgt die Temperaturdifferenz des Gesteins nach Jordan (Phys. Geogr. u. Meteor. der Libyschen Wüste, 1876, S. 127) ca. 30°. Duveyrier konstatierte am 22. I. 1861 einen Wärmeunterschied von ca. 35°, und Rolland lässt sogar eine Amplitudenschwankung von 100° C. zu. Nach Rohlfs wäre die tägl. Temperaturdifferenz beim festen Gestein ca. 50°. (Sammlung gemeinverständl. Vorträge von Virchow und v. Holtzendorff, 1875, S. 22 f.)

der Wüste zwar selten, aber keineswegs ausgeschlossen[1]), und zudem kann der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nach dem meteorologischen Tagebuch Rohlfs' ganz beträchtlich werden.[2])

Ja es kommt sogar vor, dass die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, so dass er sich als Nebel ausscheidet[3]). Somit ist ein Verdichten desselben an der Oberfläche des vielfach zerrissenen und zerklüfteten Gesteines nicht nur wahrscheinlich, sondern geradezu erwiesen. In den zahlreichen Spalten und Rissen schlägt sich die Feuchtigkeit des Nachts nieder und trägt wesentlich zur Verwitterung der Gesteinsmassen bei. Bei der niedrigen Temperatur, die in der Wüste zuweilen beobachtet wurde[4]), ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass das in die Poren der Gesteine eingedrungene Wasser gefriert, die kleinen Oeffnungen und Risse erweitert und für die atmosphärischen Kräfte neue Angriffsflächen schafft. Der Wind übernimmt vorzugsweise den Transport des zerbröckelten und verwitterten Materials, das er im allgemeinen gleichmässig zu verteilen strebt. So sind also dieselben Faktoren, welche im Laufe von unzähligen Jahren die Fels- und Steinwüste zur Sandwüste umgestalteten, heute noch thätig, indem sie den vor Jahrtausenden eingeleiteten Prozess weiterführen, bis alle Niveauunterschiede verschwunden sind. Der Wüstensand verdankt seine Entstehung demnach der Wüste selbst und den in ihr herrschenden Kräften. Es fehlt keineswegs an gründlichen Beobachtungen, welche

[1]) Unter 132 Reisetagen konstatierte Foureau 28 mit völlig bedecktem Himmel und 22 Regentage (Rapport sur ma mission au Sahara et chez les Touareg 1893/94). Pet. Mitt. 1895, Littb. 526 b.

[2]) Am 29. XII. 1873 betrug die Feuchtigkeit vor Sonnenaufgang 92%. Siehe ferner: Sammlung gemeinverständl. Vorträge v. Virchow und v. Holtzendorff, 1875, S. 24.

[3]) Froberville „Ma troisième Excursion dans le Sahara". Pet. Mitt. 1895, Littb. 527.

[4]) Duveyrier beobachtete am 22. I. 1861 eine Temperatur von $-4{,}7$ °C und Foureau eine solche von $-7{,}5$ °C am 28. Nov. 1893. (P. Mitt. 1895, Littb. 526 b).

die Richtigkeit dieser Behauptung bestätigen, so dass ein Diluvialmeer uns nicht erst die Existenz der gewaltigen innerafrikanischen Sandanhäufungen zu erklären braucht. Walther führt in seinem Werke[1]) eine Reihe von glaubwürdigen Autoren an, die beweisen, dass der Sand der Wüste thatsächlich das Zerstörungsprodukt der zu Tage streichenden Gesteinsschichten ist. K. v. Zittel, der sich eingehend mit der Erforschung der östlichen Sahara beschäftigte, kam ebenfalls auf Grund geologischer Untersuchungen zu dem Resultate, dass der Sand daselbst seine Entstehung[2]) der Verwitterung des Gesteins verdanke.

Wüsten- und Meeressand.

Die Wirkung der Insolation macht sich nach Walther besonders beim Granit bemerkbar, da sie sich bei jedem Mineralkrystalle individualisiert, sodass dieses Gestein in seine mineralogischen Elemente: Quarzkörner, Feldspatkrystalle und Glimmer (oder Hornblende) zerfällt. Der Transport dieser Bestandteile erfolgt sehr ungleichmässig, da vor allem ihr spezifisches Gewicht in Frage kommt. Die feinen Glimmerteilchen, die sich in feinen Staub leicht zerreiben lassen, werden sich am weitesten von ihrem Ursprungsgebiete entfernen und erst da haften bleiben, wo die Vegetation der Steppe oder feuchter Untergrund sie zu halten vermag. Auf diese Weise wird eine äolische Auslese des Materials stattfinden, sodass sich der Sand der Wüste von dem des Meeres wesentlich unterscheidet.

Dort erfolgt der Transport vorzugsweise in horizontaler Richtung, in der Richtung der vorherrschenden Winde; hier macht sich die transportierende Thätigkeit der Welle bald in diesem, bald in jenem Sinne geltend. Allerdings muss zugegeben werden, dass Küstenströme, welche ihre Ent-

---

[1]) „Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung," Bd. XVI der Abhandlungen der math. physik. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss.

[2]) Bei der Besprechung der Dünen soll auf die Frage nach der Herkunft des Sandes, der die Dünen bildet, näher eingegangen werden.

stehung der schief auflaufenden Welle verdanken[1]), imstande sind, die Sandmassen zu verschieben, eine Thatsache, die Weule[2]) mit Recht hervorhebt. Dabei wird aber das ganze Material der Küste verfrachtet, nicht bloss die gröberen oder feineren Sandkörner, weshalb der von Philippson gebrauchte Ausdruck „Küstenversetzung"[3]) vollständig berechtigt ist; ebenso wenig können die grossen Meeresströmungen hier in Betracht kommen, da sie sich stets jenseits der Hundertfadenlinie bewegen. Ausserdem wird die Welle keinen Transport auf grössere Strecken zuwege bringen, da die Orbitalbahnen der Wasserteilchen mehr oder minder ovale Linien bilden und die suspendierten Teilchen sich in geschlossenen Bahnen hin- und herbewegen. Sobald der Wellenschlag nachlässt, werden sich zunächst die groben Sandkörner niederschlagen, dann die feineren, so dass es auf diesem Wege nie zu einer Auslese, nie zu einer horizontalen Sonderung des grobkörnigen Materials von den feineren Schlammteilchen kommen kann. Der Meeressand ist daher niemals rein, während der Wüstensand ausgeblasen und gereinigt ist.

Der Saharasand und die Existenz eines Diluvialmeeres.

Diesen tiefgreifenden Unterschied konnte Walther des öfteren konstatieren. Je weiter der Sand von der Küste entfernt war, desto mehr ähnelte er dem Wüstensande. „Ich habe", so schreibt Walther, „seit einer Reihe von Jahren eingehende Untersuchungen an vielen Küsten angestellt und Hunderte von Grundproben der litoralen Sedimente entnommen, aber bis jetzt ist mir noch nicht ein Fall bekannt

---

[1]) Walther, Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, 1894, S. 585.

[2]) „Beiträge zur Morphologie der Flachküsten," Zeitschrift für wissensch. Geogr. Bd. VIII, Weimar 1891.

[3]) Ueber die Typen der Küstenformen, insbesondere der Schwemmlandküsten (v. Richthofen, Festschrift, 1893). Petermanns Mitt. 1893, Littb. 634.

geworden, dass der reine Quarzsand[1]), welcher die Dünenzüge oder den Sandstrand an einer Küste bildet, sich auch am Meeresgrunde finde." Der Unterschied zwischen Wüsten- und Meeressand lässt allerdings noch nicht den Schluss zu, dass die Sahara niemals den Boden eines diluvialen Meeres gebildet hat — denn die Sonderung der gröberen und feineren Sandkörner hätte nach der Trockenlegung des Saharameeres ebensogut stattfinden können — vielmehr soll diese thatsächlich bestehende Verschiedenheit nur die Behauptung widerlegen, die von Gelehrten und Laien als Beweis für ein diluviales Saharameer bisher aufgestellt wurde, und die darin gipfelte, dass der Wüstensand eben wegen seiner Reinheit rein gewaschener Meeressand sei. An einen Trugschluss reihen sich gar zu leicht andere an, indem man auf einer falsch verstandenen Thatsache weiterbaut und andere Beobachtungen mit ihr in Beziehung bringt.

Häufige Verwechslung mariner und äolischer Bildungen.

So wurden, wie auch Walther hervorhebt, fossile Kräuselungsmarken (engl. „Ripple-Marks", franz. „Rides") — der Ausdruck „Wellenfurchen" oder „Wellenspuren" ist nicht ganz zutreffend, weil die Entstehung dieser Gebilde nicht immer auf den Wellenschlag zurückzuführen ist, weshalb wir sie als „Sandkräuselungen", „Sandfurchen" oder „Kräuselungsmarken"[2]) bezeichnen möchten — von jeher als Strandbildungen aufgefasst, obwohl ihre Entstehung im Rinnsaale fliessender Gewässer und in der Wüste hinreichend konstatiert wurde. Es ist bis jetzt aber noch keineswegs erwiesen, dass fossile Kräuselungsmarken ausschliesslich marine,

---

[1]) Ueber die völlige Staubfreiheit des Dünensandes in der Wüste berichten v. Zittel und v. Richthofen; ebenso hebt Sokolow hervor, dass die Mehrzahl der Stranddünen Europas fast nur aus reinem Quarzsand besteht, dass die fremden Beimengungen höchstens 3% betragen. (Siehe ferner: Korrespondenzblatt des Naturf. Vereins zu Riga 1896, XXXIX. Bd. S. 31). Vgl. auch Walther, Einleitung u. s. w. S. 795.

[2]) Günther hat in seiner „Geophysik" den Ausdruck „Kräuselungsmarken" oder „Bodenrippungen" eingeführt. (II. Bd. 2. Aufl. S. 626).

beziehungsweise lacustrine Bildungen vorstellen, und trotzdem wurden sie ganz allgemein als Wellenspuren[1]) oder Wellenfurchen[2]) beziehungsweise- furchungen[3]) angesprochen, so dass dadurch die irrige Ansicht immer festeren Boden gewann, dass man es mit marinen oder lacustrinen Ablagerungen zu thun hätte. Lyell[4]), Walther, John Rae[5]), Sokolow u. a. haben äolische Kräuselungsmarken konstatiert; deshalb wäre es denkbar, dass gewisse fossile Kräuselungen nicht marinen Ursprungs sind. Sandkräuselungen können, welche Ursache ihrer Entstehung auch zu Grunde liege, auf dem Wege der Infiltration ganz gut hart und fossil[6]) werden. Eine solche Versteinerung und Verkittung losen Sandes durch Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk-, Magnesia- und andere Salze, welche einsickernden und kreisenden Wassern entstammen, ist nach Sokolow eine in Sandgesteinen recht verbreitete Erscheinung. „Ich habe“, so schreibt Sokolow, „nicht selten Gelegenheit gehabt, bei durch Wind zerstörten Dünen einen festen Kern zu beobachten, welcher aus demselben Sande mit wohlerhaltener Schichtung bestand, aber unter der Einwirkung der Feuchtigkeit und unter dem Drucke der überlagernden Massen ein festeres Gefüge angenommen hatte. . . . . . . Die allmähliche Verkittung des Dünensandes ist eine nicht nur bei reichlicher mit kreisendem Wasser versehenen Strand- und Flussdünen, sondern auch eine bei

---

[1]) v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende S. 525/26.

[2]) Geologie von A. Geikie, deutsche Ausgabe von O. Schmitt, Strassburg 1895, S. 55/56.

[3]) v. Gümbel, Kurze Erläuterung zu dem Blatte Speyer der geognostischen Karte des Königreichs Bayern, Cassel 1897, S. 15.

[4]) „Elements of Geology“, 6th Ed. London 1865, S. 19—21 und „Principles of Geology“, volume I, S. 242—243.

[5]) Nature, Bd. XXIX, S. 357.

[6]) If the rippled surface be covered by a film of clay, or if it acquire some degree of consolidation before another layer of sand be drifted over it, it may remain fixed for ever. (J. Beete Jukes und Geikie, The Student's Manual of Geology, 3. ed. 1872, S. 164).

Wüstendünen anzutreffende Erscheinung". Walther hat fossiles Holz, das mit Kieselsäure imprägniert war, in der Wüste aufgefunden, und v. Middendorff[1]) weiss zu erzählen, dass eine Düne in Ferghana schichtenweise mit einer harten Lösskruste, die sich unter der Einwirkung des Regens gebildet habe, überzogen gewesen sei und beim Wandern 5 Schichtenköpfe hinterlassen habe; neuerdings hat auch Doss in den Dünen bei Riga eine Verkittung des Dünensandes zu Sandstein beobachtet.[2])

Trotzdem wurden fossile Sandkräuselungen als Beweis einer marinen Bildung angeführt. Man gelangte sogar zu dem Schlusse, dass Wind und Wogen, welche die fossilen Kräuselungen gebildet hätten, ungefähr von derselben Stärke gewesen wären wie heutzutage[3]); man schloss aus ihrer Grösse auf eine mehr oder minder heftige Wellenbewegung, respektive auf die Tiefe, in welcher sich gewisse, mit Furchen versehene Sandsteine abgelagert hätten, und folgerte schliesslich aus der Verteilung und dem Streichen dieser fossilen Gebilde, welche Richtung der Wind gehabt hätte, der zunächst die Wellen und durch diese die Kräuselungsmarken erzeugt habe. Dabei hat man bis in unsere Zeit ihre Entstehung nicht einmal einer gründlichen Untersuchung gewürdigt, so dass es stets zweifelhaft blieb, ob die fragliche Erscheinung auch wirklich als das Resultat der Wellenbewegung, die sich an Flachküsten allerdings bis zum Meeres-

---

[1]) Mém. de l'Acad. Impér. des Sciences de St. Pétersb. VII. série, XXIX. I. p. 91. (Figur).

[2]) Korresp. d. Naturf. Ver. zu Riga 1896, S. 32.

[3]) „From these, as from other physical structures in rocks, we infer that the strength, velocity and mode of action of moving water in the old geological periods were of the same kind and intensity as those with which we are familiar at the present day" (The Student's Manual of Geology S. 164 und Sorby: On the Structures produced by the currents present during the deposition of stratified Rocks, Geologist 1859 S. 137).

boden fortsetzen kann, aufzufassen wäre. Man war sich ferner nicht recht klar darüber, wie die Woge überhaupt ihre Wirkung auf den Flachboden des Meeres äussert, ob sie allein die Sandfurchen erzeugt, ob nicht noch andere Faktoren in Betracht kommen, oder ob schliesslich nicht mehrere Entstehungsarten dieser Gebilde denkbar wären. Verfiel man einerseits bei der Beurteilung fossiler Kräuselungsmarken in den Fehler, dass man denselben eine rein marine Bildung zuschrieb, so beging man andererseits bei der Beurteilung der Sahara und ihrer Entstehung vielfach die Unvorsichtigkeit, den Dünen, jenen äolischen Gebilden, einen marinen Ursprung beizulegen; ebenso reich ist die geologische Literatur an Beispielen, welche die Strandwälle, jene marinen Bildungen, als Dünen zu deuten suchen. Ja die Verwechselung derselben ist ziemlich allgemein. So berichtet Doss, dass „der Unterschied zwischen Dünen und Küstenwällen in der baltisch geologischen Literatur häufig nicht festgehalten wurde.“ Man hat sogar Grundmoränenhügel als Dünen angesprochen, „und doch“, fügt Doss hinzu, „ist jene Unterscheidung von besonderer Wichtigkeit bei der Frage über die ehemaligen Grenzen des Baltikums.“ Auch Sokolow weist auf derartige Verwechslungen hin und hebt hervor, dass selbst erfahrene und angesehene Geologen, wie v. Helmersen, Grewingk, Barbot de Marny, den Unterschied zwischen Dünen und Strandwällen nicht gebührend berücksichtigt hätten.

Kräuselungsmarken und Dünen.

Es soll nun der Versuch gemacht werden, die Bildungsarten und Eigenschaften der Kräuselungsmarken und Dünen zu besprechen. Eine gemeinsame Betrachtung beider Gebilde scheint schon insofern angezeigt, als sie im grossen und ganzen dieselben Entstehungsursachen und Eigenschaften besitzen und oft genug auf demselben Terrain vorkommen. Es tritt sogar häufig der Fall ein, dass die kleineren Kräuselungsmarken sich auf den grösseren Dünen bilden und dieselben gleich Parasiten bedecken. Alsdann können wir aus ihrer

Verteilung auf die Windströmung an der Oberfläche der Sandhügel schliessen, so dass uns dadurch ein Anhaltspunkt gegeben wird, um die Gestalt der Dünen zu erklären.

Zunächst sollen jedoch die Experimente besprochen werden, welche imstande sind, uns eine genauere Kenntnis von der Bildungsweise der Kräuselungsmarken zu verschaffen. Dann erst kann der Versuch gemacht werden, auf Grund der Experimente und der in der Natur beobachteten Vorgänge das Wesen und die Entstehung derselben zu deuten.

A. Kräuselungsmarken.

I. Kräuselungsmarken im Experimente.

1) Entstehung der Kräuselungsmarken.

Die Schweizer M. C. de Candolle[1]) u. F. A. Forel[2]), die Engländer A. R. Hunt[3]) und G. H. Darwin[4]) beschäftigten sich eingehender mit der Entstehung der Kräuselungsmarken, indem sie dieselben in der Wellenrinne herzustellen versuchten.

Wie entstehen Kräuselungsmarken?

Aus den Experimenten geht hervor, dass Kräuselungsmarken mit verschiedenen Flüssigkeiten und allerlei pulverisierten Stoffen auf mehrere Arten gebildet werden können. Gewöhnlich wurde die mit Wasser gefüllte und am Boden mit Sand bedeckte Rinne in Schwingungen versetzt. Auf diese Weise entstanden stehende (uninodale) Wellen, welche bei genügender Amplitude sofort Kräuselungsmarken hervorriefen. Nicht nur allein auf diesem Wege, sondern auch durch Rotation des Gefässes konnten dieselben gebildet werden. Wenn man z. B. ein cylindrisches, zum Teil mit Wasser gefülltes Gefäss, dessen Boden mit Sand bedeckt

---

1) „Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau et autres phénomènes analogues." Bibl. univ. de Genève 1883. Archives d. scienc. phys. et natur., III. pér. IX. tome p. 241—278.

2) „Les rides de fond étudiées dans le Lac Léman." Ebenda tome X, S. 39—72 und Bull. de la Soc. Vaudoise des scienc. natur. Vol. XV, Lausanne 1879, p. 66 u. F. A. Forel, Le Léman, II, S. 249 ff. Lausanne 1895.

3) „On the Formation of Ripplemark," Proced. of the Roy. Soc. of London. Vol. XXXIV. S. 1—18.

4) „On the Form. of Ripplemark in Sand," Proceed. of the Roy. Soc. of London. Vol. XXXVI und Nature, Bd. XXIX, p. 162 ff.

ist, auf einer Centrifugalmaschine um seine vertikale Achse rotieren lässt, entstehen radial verlaufende Sandkräuselungen. Dabei ist zu bemerken, dass es ganz gleichgiltig ist, ob man in derselben Richtung mit alternierender Geschwindigkeit dreht, oder ob man die Rotation bald in diesem, bald in jenem Sinne vornimmt. Allerdings besitzen die so entstandenen Gebilde verschiedene Eigenschaften, von denen später die Rede sein soll.

Bedeutung der Reibung bei der Bildung der Kräuselungsmarken.

De Candolles Experimente, die er auf die mannigfaltigste Art umgestaltete, beweisen, dass es bei der Bildung von Kräuselungen vor allem auf die Reibung der Flüssigkeit an der betreffenden Materie, also auf die Adhäsion beider ankommt: „Il faut que la poussière forme avec le liquide un mélange doué d'une certaine viscosité, ce qui exige qu'il y ait adhésion entre eux.“ Die Ausdrücke „viscosité, visqueux“ sind nicht im wörtlichen Sinne zu nehmen, wenn de Candolle von der „Klebrigkeit“ des Sandes oder pulverisierter Stoffe spricht. De Candolle hat wohl, wie auch Darwin[1]) vermutet, die Eigenschaft eines pulverisierten Stoffes oder einer Flüssigkeit, die darin besteht, dass die einzelnen Teilchen der betreffenden Materie zwar verschiebbar sind, aber immerhin einer noch merklichen, inneren Reibung bei der Veränderung ihrer Lage begegnen, mit diesen Ausdrücken belegt.

Es kommt also bei der Erzeugung von Kräuselungsmarken bei der furchenbildenden Materie und ihrer zugehörigen Flüssigkeit die Grösse ihrer gegenseitigen Adhäsion und der innere Reibungswiderstand oder die Kohäsion jener in Betracht. De Candolle liefert den Beweis für verschiedene Sandarten, ferner für reine Kieselsäure, Barium- und Magnesiumkarbonat, zerriebenes Glas, Schwefel, Eisen, Kupfer u. a. m. Ferner verwandte er die verschiedensten Flüssigkeiten, sogar zähklebrige, wie Obstsaft, Teer, Blut u. a.

[1]) „On the Form. of Ripplemark“, Proc. etc. Bd. 36. S. 37.

Interssant ist es, dass es ihm sogar gelang, mit zwei Flüssigkeiten (ohne pulverisierte Substanz) Rippungen herzustellen, indem sich diese stets auf der Flüssigkeit von der grösseren Kohäsion bildeten. So waren z. B. Runzeln bei Anwendung von Teer und Wasser auf ersterem ganz deutlich erkennbar. Quecksilber und Wasser waren weniger zu dem Experimente geeignet[1]). Sobald aber ein Pulver, z. B. Bariumkarbonat, zwischen beide Flüssigkeiten gebracht wurde, bildeten sich Rippungen. Dass diese Erscheinung, das Zustandekommen von Kräuselungen, wirklich auf lokale Reibung zwischen beiden Versuchsmaterien zurückzuführen ist, dafür spricht der Umstand, dass de Candolle mit Hilfe pulverisierten Korkes in hermetisch verschlossenen Fläschchen, die vollständig mit Wasser gefüllt waren und um ihre vertikale Achse gedreht wurden, an der Oberfläche des Wassers kleine Korkrippungen herzustellen vermochte. Dasselbe beweisen ferner die Sandfurchen, die sich auf einer horizontalen Glasplatte bildeten, die um ihren Mittelpunkt unter Wasser in Rotation versetzt wurde. Auf der mit Sand bedeckten Oberfläche derselben fand eine lokale Reibung der Sandteilchen, welche die Bewegung der Platte mitzumachen strebten, an dem in Ruhe befindlichen Wasser statt; es bildeten sich daher radial gelagerte Kräuselungen, während der Boden des Gefässes, der ebenfalls mit Sand bedeckt und der Platte ziemlich nahe war, keine aufzuweisen hatte.

Wie soeben angedeutet, wird die Reibung zwischen beiden Versuchsstoffen, beispielsweise zwischen Wasser und Sand dadurch erzeugt, dass dieser beim Schaukeln des Gefässes sich in geringerer Bewegung befindet. Er macht nur die minimalen Schwankungen des Bodens mit, während das

---

[1]) Weil die Kohäsion des Quecksilbers im Verhältnis zu dem Reibungskoëfficienten der beiden Flüssigkeiten zu gross ist.

Wasser bedeutendere Oscillationen annimmt[1]). Bei der Bildung der Rotationskräuselungen tritt der umgekehrte Fall ein. Das Gefäss wird in Drehung versetzt; der Sand macht, da er am Boden desselben haftet, die Bewegung desselben mit, während das Wasser noch eine Zeit lang in Ruhe bleibt. Aendert sich die Drehungsrichtung, so behält das Wasser noch eine Zeit lang vermöge der Beharrung die ihm erteilte Geschwindigkeit bei, während das Gefäss mit dem am Boden befindlichen Sande sich bereits im entgegengesetzten Sinne dreht, so dass eine intensivere Friktion stattfindet. Reibung, allerdings von geringerer Intensität, wird auch durch die Bewegung des Gefässes in einem und demselben Sinne erzeugt, sobald diese beschleunigt oder verzögert wird. Bei leichteren Versuchsobjekten, wie Kork, bilden sich in einem verschlossenen, ganz gefüllten Gefässe die Runzeln oben am Deckel; denn die Korkstückchen haften am Verschlusse, dem dieselbe Bewegung wie jenem eigen ist, während dem Wasser anfangs eine geringere Geschwindigkeit, bei plötzlicher Veränderung der Richtung sogar eine entgegengesetzte Rotation innewohnt. Es findet demnach ebenfalls eine lokale Reibung statt, welche die Entstehung kleiner Korkrippungen bewirkt.

Bei allen Versuchen, die de Candolle anstellte, ergab es sich, dass die Kräuselungsmarken stets senkrecht zur Bewegungsrichtung verliefen. Genauere Messungen führten endlich zu dem Resultate, dass die Grösse derselben oder ihre Entfernung von Kamm zu Kamm proportional der Reibung, d. h. der Geschwindigkeit der Oscillation war. Auf Grund seiner zahlreichen Experimente gelangte de Candolle schliesslich zu dem Fundamentalsatze: „Lorsqu'une matière visqueuse en contact avec un liquide moins visqueux qu'elle-

---

[1]) Wird z. B. ein mit Wasser gefülltes Gefäss ganz sanft angestossen, so dass es seinen Ort kaum verändert, so gerät der Inhalt desselben dennoch in ganz bedeutende Schwankungen.

même, éprouve un frottement oscillatoire[1]) ou intermittent[1]), résultant du mouvement de la couche liquide qui la recouvre, ou de son propre déplacement relativement à cette couche,

1) la surface de la matière visqueuse se ride perpendiculairement à la direction de ce frottement et

2) l'intervalle compris entre les rides ainsi formées, autrement dit leur écartement, est en raison directe de l'amplitude du frottement."

Die Reibung allein vermag uns das Zustandekommen von parallelen Kräuselungsmarken nicht zu erklären; denn bei dem Wechsel von Berg und Thal müsste die Adhäsion zwischen den beiden Materien bald grösser, bald geringer sein, da an einer Stelle ein Berg, an einer andern ein Thal entsteht. Es ist nun, besonders bei der Rotationsrippung, nicht einzusehen, weshalb in bestimmten Abständen (die Entfernung der Kräuselungen ist ziemlich gleich) die Reibung bald ein Maximum, bald ein Minimum erreichen soll, da doch die Geschwindigkeit der Wassermasse und die des Sandes bei gleicher Entfernung von der Rotationsachse dieselbe ist. Mit Hilfe von Wasser konnte de Candolle den eigentlichen Vorgang, wie sich nämlich die einzelnen Sandkörner zu Rippungen vereinigen, nicht feststellen. Er nahm daher

Ausser der Reibung sind noch andere Faktoren bei der Bildung der Kräuselungsmarken zu berücksichtigen.

[1]) Reibung bei alternierender Drehung des Gefässes, beziehungsweise bei gleichgerichteter Rotation, die aber bezüglich ihrer Geschwindigkeit wechseln muss. In der Natur ist es keineswegs erforderlich, dass die gleichgerichtete Bewegung des Wassers ihre Intensität ändert. Im Kaltenbrunner Bache bei Neustadt a. d. H. hat Verf. Sandfurchen zerstört, die sich nach kurzem wieder gebildet haben. Hier kann doch kaum von einer variabeln Stromgeschwindigkeit die Rede sein. Es erklärt sich diese Thatsache insofern, als der Boden des Baches seine Lage nicht verändert, wie der der Wellenrinne, sondern dem Wasser gegenüber in absoluter Ruhe verharrt. Im Experimente dagegen nimmt das Wasser die Bewegung des Gefässes allmählich an, so dass bei gleichgerichteter Drehung bald keine Reibung mehr zwischen der Flüssigkeit und dem Boden des Gefässes vorhanden ist. Eine dauernde Friktion findet nur dann statt, wenn die Geschwindigkeit des Gefässes von Zeit zu Zeit wechselt.

Teer, eine Flüssigkeit, die eine langsamere d. h. eine, zur Beobachtung geeignetere Entstehung der Kräuselungsmarken gestattete, da die Klebrigkeit desselben den sich bildenden Kräuselungen zwischen zwei aufeinander folgenden Oscillationen keine Zeit zum Nivellieren liess.

Mit Hilfe dieser Flüssigkeit war es de Candolle möglich, festzustellen, dass der Vorgang identisch sei mit dem, der sich abspiele, wenn der Wind über die Oberfläche des Wassers streiche und Kräuselungen erzeuge.

Dieser Vergleich ist nicht gerade glücklich gewählt; denn der Wind weht in derselben Richtung, so dass von einer oscillierenden Reibung kaum die Rede sein kann, höchstens von einer intermittierenden. Ausserdem pflanzen sich die von ihm hervorgebrachten Wellen, wenngleich die einzelnen Wasserteilchen sich nur wenig aus ihrer ursprünglichen Lage entfernen, ihrer Form nach fort, indem ein Flüssigkeitsteilchen das andere anstösst und in Schwingungen versetzt, ein Umstand, der doch bei der Entstehung der Kräuselungen nicht in Betracht kommen kann. Durch die Fortpflanzung der Wellenform können bekanntlich auch Wogen erzeugt werden, die weit entfernt von dem Wirkungskreise des Windes auftreten, also da, wo eine lokale Reibung zwischen Wind und Wasser nicht mehr stattfindet, eine Erscheinung, wie sie bei der Dünung uns entgegentritt, wie sie aber bei der Entstehung der Kräuselungsmarken unmöglich vorkommt. Zudem wird der Wind, wenn er horizontal über eine Wasserfläche weht, vor allem eine Strömung[1]) erwecken, indem er infolge seiner Adhäsion an den Wasserteilchen diese bewegt und verschiebt. Er wird nur dann Wogen ins Leben rufen, wenn er unter einem beliebigen Winkel die Wasserfläche trifft und die Gleichgewichtslage

[1]) Man kann sich leicht von diesem Vorgange überzeugen, wenn man über eine mit Sägemehl bestreute Wasserfläche einen Luftzug horizontal streichen lässt.

der Wasserteilchen stört[1]), so dass diese so lang hin- und herpendeln, bis der frühere Zustand wieder hergestellt ist. Demnach kommt ausser der Reibung bei der Bildung der Kräuselungen noch eine andere Kraft in Betracht, von der später die Rede sein wird. Der Hinweis de Candolles auf die Windwellen kann die Bildung der Kräuselungsmarken keineswegs befriedigend erklären.

De Candolle benutzte ausserdem zur Bildung seiner Wellenfurchen stehende Wellen mit mehreren Knoten. Er vermochte diese mit Hilfe einer Schaufel, welche im Wasser hin- und herbewegt wurde, ins Leben zu rufen. Der Versuch de Candolles, in einem grossen Bassin gewöhnliche Fortpflanzungswogen zu erzeugen und diese auf seine, in dem Becken befindliche Wellenrinne zu übertragen — ein Experiment, das den Vorgängen in der Natur näher käme — war erfolglos, da die Wellen in der Rinne, sobald sie gross genug waren, um ihre Wirkung am Boden derselben zu äussern, an den Wänden reflektiert und in stehende verwandelt wurden[2]). Daher gestatten die Experimente de Candolles keinen weiteren Schluss bezüglich des bei der Bildung von Kräuselungsmarken in Betracht zu ziehenden Vorgangs.

Unzulänglichkeit der de Candolleschen Versuche.

---

[1]) Die Erde als Ganzes, ihre Atmosphäre und Hydrosphäre von Hann, 1896, S. 300. In neuerer Zeit führt man die Entstehung der Kräuselungswellen auf die Fältelung des Flüssigkeitshäutchens zurück, das die Oberfläche des Wassers überzieht: „Es wird vom Winde angegriffen und, weil es sich nicht zerreissen lässt, in Falten gelegt.“ (Günther, Geophysik 2. Teil 2. Aufl. S. 444). Von einer derartigen Oberflächenmembran kann jedoch beim Sande, den de Candolle zu einem Versuche benutzte, nicht die Rede sein.

[2]) Krümmel (Handbuch der Ozeanographie, 2. Bd., S. 33) ist der Ansicht, dass die Bildung der Wellenfurchen, wie sie sich in der Natur auf dem Meeresboden vollziehe, im Experimente nicht genau genug nachgeahmt werden könne, da die Wellenrinne einen festen Boden besitze, was bei dem Meere nicht der Fall sei. Eben dieses Argument lässt sich auch gegen die an und für sich höchst dankenswerte analytische Untersuchung der Rippungen geltend machen, welche man von Hirst besitzt (On Ripples and their Relations to the Velocities of Currents, (Philosoph. Mag., 1861, S. 1 ff.)

Darwins Versuche.

Darwin hat den physikalischen Vorgang, der bei der Bildung der Kräuselungen zu berücksichtigen ist, sehr eingehend untersucht. Seine Experimente beruhen auf stehenden Wellen, die er durch Schaukeln einer Wellenrinne erzeugte. Er versichert wiederholt, dass er die grösste Sorgfalt angewendet habe, um zu definitiven Resultaten zu gelangen, und wahrlich, es bedarf nicht erst einer derartigen Versicherung, um Darwin volles Vertrauen zu schenken; denn seine Versuche sind mit der grössten Sorgfalt und Genauigkeit durchgeführt.

Wird eine Wassermasse durch Schaukeln ihrer Wellenrinne in uninodale Schwingungen versetzt, so werden zunächst die einzelnen Sandkörner, infolge ihrer Adhäsion an den in Bewegung begriffenen Wasserteilchen, eine Ortsveränderung bald in diesem, bald in jenem Sinne erfahren. Da, wo sie wegen einer zufälligen, ganz unbedeutenden Erhebung, sei es, dass ein grösseres Korn liegen bleibt, sei es, dass einige Körnchen etwas fester mit einander verklebt sind, eine grössere Reibung am Boden zu überwinden haben, findet ein Ansammeln ganz unbedeutender Spuren von Sand statt, die den Widerstand nach und nach vergrössern. „Die Anhäufung ist," so schreibt Darwin, „zunächst durch die Reibung am Boden bedingt, und sobald ein Körnchen liegen bleibt, vermehrt es dieselbe an diesem Platze."

Die minimalen Sandanhäufungen im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung sind also zunächst auf die Reibung der beiden Versuchsobjekte, z. B. des Wassers und Sandes, zurückzuführen, ferner auf die des Sandes an seiner Unterlage[1]). Bringt man nämlich einen Tropfen Tinte[2]) auf den gläsernen Boden einer Wellenrinne, so macht derselbe zwar

[1]) Eine Thatsache, die de Candolle nicht genügend würdigte.

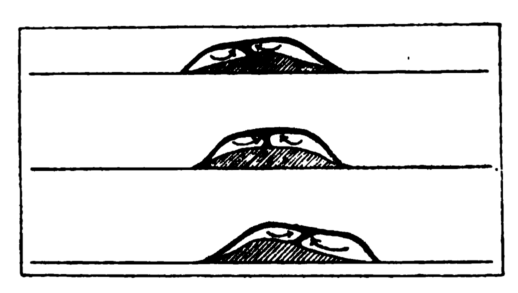
[2]) Was am besten mit Hilfe einer zugespitzten Glasröhre geschieht. Aus den Veränderungen der Tintenschicht schloss Darwin auf die Strömungen und Wirbel, welche bei der Entstehung der Kräuselungsmarken wirksam sind.

die Bewegung der Wassermassen mit; aber er bildet keine Kräuselungsmarke, weil die Reibung an seiner Unterlage zu geringfügig ist. Anders verhält es sich, wenn der Tropfen auf den Kamm einer ausgebildeten Wellenfurche gebracht wird und daselbst haften bleibt. Er bildet dann bei langsamer Oscillation eine dünne Schicht über der Kräuselungsmarke und macht genau die Bewegung derselben mit. Diese gleicht ganz und gar der Bewegungsform, welche Darwin beim Anfangsstadium der Wellenfurchen über einer ganz kleinen Sandanhäufung, die ebenfalls mit einem Tintentröpfchen gekrönt war, jedoch bei stärkerer Oscillation konstatieren konnte[1]; nur waren die einzelnen embryonalen Vorgänge im Entstehungsprozesse trotz der grössten Sorgfalt, trotz vielfach wiederholter Versuche nicht so deutlich ersichtlich, wie bei einer ausgewachsenen Furche, über der noch eine minimale Oscillation stattfand.

Deshalb bildete Darwin Kräuselungsmarken, brachte einen Tropfen geeigneter Tinte auf deren Kamm, setzte die darüber befindliche Wassermasse in mässige Bewegung und beobachtete die Veränderung des Tintentröpfchens.

Sobald die Oscillation, die aus den erwähnten Gründen klein sein musste, begann, bildete der Tintentropfen eine Schicht, die je nach der Richtung des Stromes bald dicker, bald dünner wurde. Fig. I zeigt diese Veränderung. Die Tintenschicht nahm die Gestalt eines Pilzschwammes an, dessen Stiel sich vor- und zurückbewegte; zu beiden Seiten des Stammes, als einer trennenden Linie, traten Wirbel auf, welche den Pilz veränderten. Dabei ist zu bemerken, dass der Wirbel auf der Leeseite an Intensität den auf der Luv- Die Darwinschen Pilzwirbel.

[1]) „Es scheinen," schreibt Darwin, „dabei dieselben Bewegungsarten aufzutreten, welche bei langsamer Oscillation über bereits gebildeten Kräuselungsmarken vorhanden sind, und deshalb ist es wahrscheinlich, dass die Bewegungserscheinungen in beiden Fällen derselben Art sind."



Figur I. (Bei Darwin Fig. 3.)

seite übertraf, da die trennende Linie zwischen beiden, der Stiel des Schwammes, stets der letzteren zugekehrt war. Diese Erscheinung, dass auf der Leeseite, auf der der Strömung entgegengesetzten Seite, ein Wirbel oder eine Strömung entstand, ist im Grunde dieselbe wie die der sogenannten Kompensationsströme.

Wirbel und Kompensationsströme.

Schon Varenius sagt: „Cum pars Oceani movetur, totus Oceanus movetur". Krümmel[1]) machte in der Wellenrinne eine Reihe von Experimenten, welche die Behauptung dieses bekannten Geographen insofern bestätigen, als bei einer horizontal verlaufenden Strömung die benachbarten Wasserteilchen sich dieser näherten und anschlossen, um den Verlust der Flüssigkeit zu ersetzen[2]). Der bekannte Zerstäubungsapparat beruht ebenfalls auf diesem Prinzip. Durch eine zugespitzte Röhre wird ein Luftstrom über die Spitze einer zweiten getrieben, der die Luftteilchen in dieser mitreisst. Dadurch entsteht in der zweiten Röhre ein luftverdünnter Raum; das Wasser steigt aus dem Gefässe, in welches sie eintaucht, empor bis zur Spitze, wo die Zerstäubung erfolgt. Eine ähnliche ansaugende Wirkung ist bei den Kompensationsströmen vorhanden. Ekman[3]), der mit hydrotechnischen Untersuchungen an der Mündung des Götaflusses beschäftigt war, konnte sogar auf Grund des

[1]) Handbuch der Ozeanogr., Bd. II., S. 356 ff.
[2]) Wagner, Lehrb. d. Geogr., 6. Aufl. 1897, S. 478.
[3]) Nova acta Reg. Soc. Upsal. Ser. III. 1876, cit. bei Krümmel.

Salzgehaltes in den einzelnen Tiefenschichten dieses Flusses konstatieren, dass bei starkem Kompensationsbedürfnis nicht nur eine Seitenströmung sich geltend machte, sondern dass sogar eine, dem ausfliessenden Wasser entgegengesetzte Tiefenströmung vorhanden war. Die bei Krümmel[1]) angeführte Salztabelle liefert den diesbezüglichen Beweis. Schliesslich sei noch auf ein Experiment Krümmels hingewiesen, welches uns eine ähnliche Erscheinung, wie die der Darwinschen Wirbel auf der Leeseite eines Hindernisses, vor Augen führt. Der auf der Leeseite eines scharfkantigen Hindernisses erzeugte sekundäre Strom war so stark, dass Teilchen von Preussischblau, die von der primären Strömung luvwärts auf den Kamm transportiert wurden, dort nicht herabzurollen vermochten, sondern haften blieben.

Die Darwinschen Pilz- und Baumwirbel.

Um auf Darwins Versuche zurückzukommen: auf beiden Seiten der Kräuselungsmarken sind also Wirbel thätig, welche infolge ihrer wechselnden Intensität[2]) die Wellenfurchen und den sie überziehenden Tintenpilz bald nach dieser, bald nach jener Seite schieben. Nimmt die Oscillation der Wassermasse allmählich zu, so tritt bald eine Veränderung ein, indem ein Tintenströmchen an den Seiten zweier angrenzender Kräuselungsmarken herunterfliesst in die sie trennende Furche. Da, wo die beiden Strömchen einander begegnen, steigt als trennende Linie ein Tintensäulchen empor, zu dessen beiden Seiten wieder zwei Wirbel thätig sind, die in Bezug auf Intensität wechseln und das Säulchen in die Höhe treiben. Dieses steigt, je nach der Heftigkeit der Oscillation, bis zu einer 5-, 10-, vielleicht auch 20fachen Höhe der Kräuselungsmarke empor[3]). Oben breitet es sich aus, so dass die ganze Erscheinung der Pinie eines in Eruption begriffenen Vulkans

---

[1]) Seite 360.
[2]) Der Wirbel auf der Leeseite ist stets der stärkere.
[3]) Proc. etc. Bd. 36, S. 27 f. Fig. 4–6.

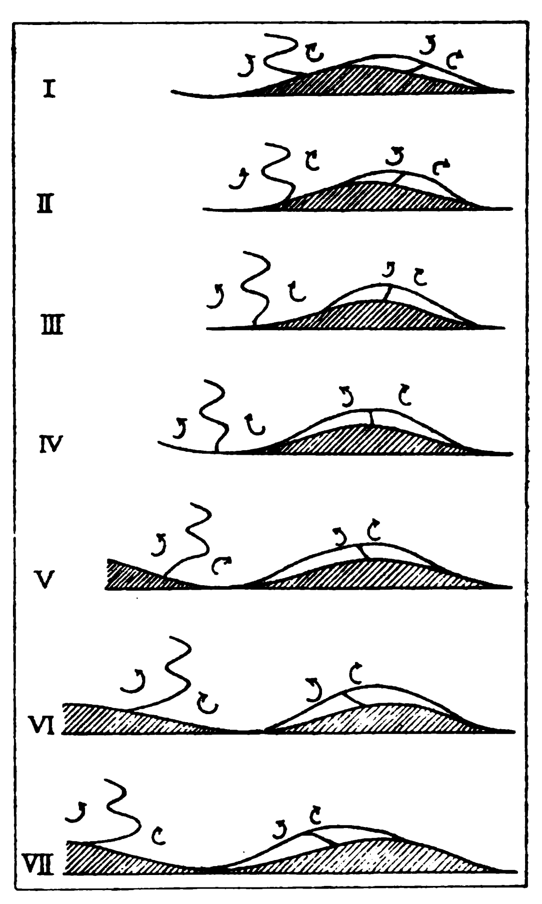
ähnelt. Darwin vergleicht sie mit einer Buche, einem Regenschirm und legt ihr den Namen Tintenbaum (inktree) bei. Aeste, um das Bild zu vollenden, erreichen den Boden der Rinne und zwar den Gipfel des Pilzes, biegen nach innen dem Stamme zu und steigen von neuem in die Höhe. 12 bis 20 Oscillationen sind erforderlich, bis ein Tintenteilchen alle Phasen durchlaufen hat. Der Stamm des Bäumchens ist natürlich vielfach gewunden, und die Grösse dieser Windungen ist proportional der Amplitude der Oscillation des Wassers.

Sobald der Tintenbaum mit seinen Wirbeln auftritt, verschwinden die Pilzwirbel; es war wenigstens sehr schwer, beide zugleich herzustellen. „It cannot be asserted that the mushroom vortices exist, and I am somewhat inclined to believe them to be then evanescent.“ Die beiden Pilzwirbel sind gar nicht mehr nachzuweisen, wenn die Oscillation an Grösse wieder etwas zunimmt, so dass sie von nun an durch die Baumwirbel vertreten werden. Darwin nennt erstere die primären, letztere die sekundären Wirbel. Das Uebergangsstadium von ersteren zu letzteren ist gekennzeichnet durch das Vorhandensein des Pilzes und Baumes zu gleicher Zeit. In diesem Stadium scheinen zwei Wirbelpaare zu wirken; ob aber alle vier Wirbel gleichzeitig auftreten, konnte Darwin nicht konstatieren. Die Bewegung ist nämlich sehr unregelmässig, so dass er hier wirklich zu keinem bestimmten Resultate, sondern nur zu Mutmassungen gelangen konnte. „In these early stages the phenomenon is not highly regular, and therefore, besides the smallness of the scale and the rapidity of the motion, we have the difficulty of irregularity to contend with.“

Deshalb konnte Darwin die Entstehungsweise der Baumwirbel, welche auf die primären Wirbel zurückzuführen waren, keineswegs in absolut befriedigender Weise erklären. Die Vorgänge sind, soweit sie mit einiger Sicherheit festzustellen sind, folgende:

Bei geringer Oscillation des Wassers über bereits gebildeten Kräuselungsmarken sind zunächst zwei Wirbel am Kamme jeder Wellenfurche mit wechselnder Intensität in Wirksamkeit, so dass der Gipfel, allerdings kaum merklich, bald nach links, bald nach rechts verschoben wird[1]). Nimmt die Bewegung der Wassermassen ein wenig zu, so erzeugt, wie Figur II solches näher veranschaulicht, jeder primäre Wirbel durch Reibung den entsprechenden sekundären, der sich

Das Darwinsche Wirbelgesetz.



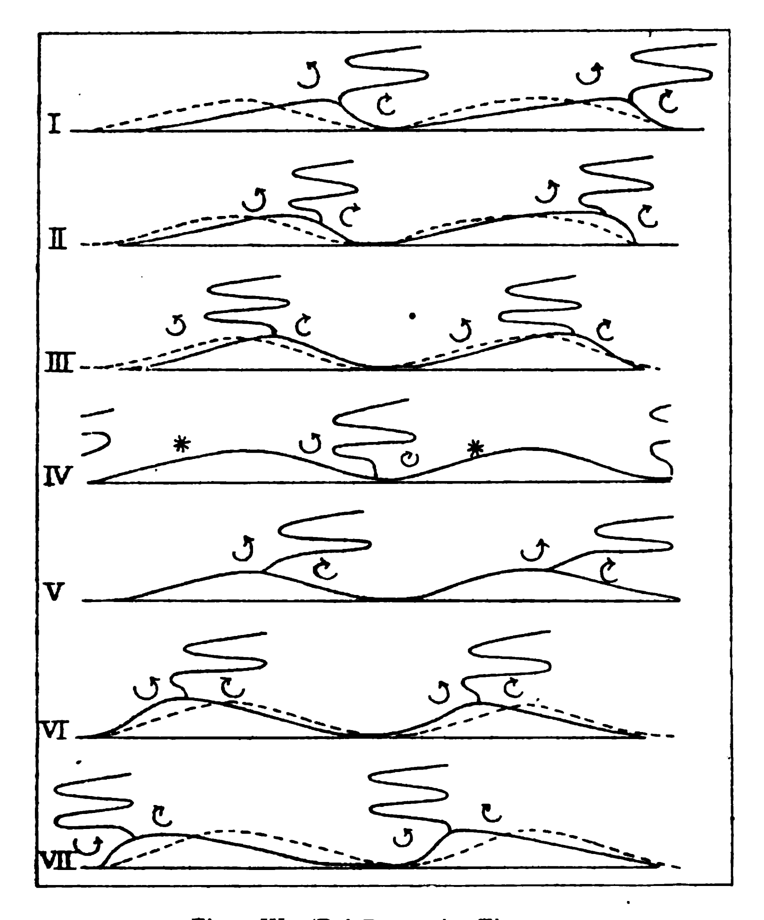
Figur II. (Bei Darwin Fig. 11.)

[1]) Siehe Figur I.

stets in entgegengesetzter Richtung dreht. Ob beide Baumwirbel zugleich auftreten oder nach einander, liess sich nicht feststellen. Denkbar wäre es, dass der stärkere von beiden, der auf der Leeseite, zuerst den entsprechenden sekundären Wirbel hervorbrächte, der bei der entgegengesetzten Elongation wieder verschwände, während der andere sekundäre Wirbel alsdann durch seinen nun stärkeren primären Wirbel erzeugt würde. Vielleicht sind auch beide Baumwirbel im Uebergangsstadium gleichzeitig in Thätigkeit, da einer den andern durch Reibung an der trennenden Linie zu erzeugen strebt, wie dies das Kompensationsbedürfnis erfordert. Der Umstand aber, dass Darwin öfters bald diese, bald jene Hälfte des Tintenbaums ausgebildet sah, würde für die Ablösung der beiden Wirbel sprechen.

Wie Figur II beweist, findet beim Uebergangsstadium eine doppelte Bewegung statt, da der primäre und der entsprechende sekundäre Wirbel in entgegengesetzter Richtung kreisen. Darwin vermochte eine derartige, in doppeltem Sinne sich vollziehende Bewegung der Sandkörner festzustellen. Bei noch heftigerer Oscillation verschwinden die primären Wirbel, und die Baumwirbel scheinen allein die Arbeit zu besorgen, so dass eine Verschiedenheit in der Bewegung der im Thale und auf dem Kamme sich befindlichen Sandkörner nicht mehr konstatiert werden konnte. „When the rocking is gentle, the oscillation in the furrow appears to be in a different phase from that on the crest; with more violent rocking I did not observe the difference of the phase."

Bei stärkerer Bewegung verschwinden nämlich die Pilzwirbel vollständig, und es findet nun eine Wanderung der Baumwirbel statt. Figur III führt uns die Bewegung derselben und des dazu gehörigen Tintenbaums deutlich vor Augen. Sie stellt in 7 aufeinanderfolgenden Momentaufnahmen die Vorgänge während einer Oscillation dar. Es ist klar, dass man alle 7 Phasen niemals bei einer Oscillation



Figur III. (Bei Darwin Fig. 10.)

hinreichend zu konstatieren vermag, da die einzelne Phase nur einen Bruchteil einer Sekunde dauert. Viele Versuche waren somit erforderlich, bis das Bild, das uns den Zusammenhang der einzelnen Phasen veranschaulicht, konstruiert werden konnte.

Wird die Bewegung schliesslich noch grösser, also ziemlich heftig, so werden die Sandmassen am Boden der Rinne aufgewühlt, die Kräuselungsmarken hinweggefegt, und die Wirbel können zu ihrer Entfaltung die erwähnten Bedingungen (kleinere Sandanhäufungen) nicht mehr vorfinden.

Die Vorgänge, welche soeben beschrieben wurden, spielen sich bei bereits gebildeten Kräuselungsmarken ab, wenn die Oscillation gering ist, allmählich wächst, ziemlich bedeutend und schliesslich zu heftig wird.

Das Darwinsche Wirbelgesetz bei der Entstehung der Kräuselungsmarken.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen wurden bereits entstandene Kräuselungsmarken zu Hilfe genommen. Wie erwähnt, konnte Darwin feststellen, dass die bei der Wirbelbildung in Betracht kommenden Vorgänge im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung, wenn nämlich die Reibung an der Unterlage bereits kleinere Sandanhäufungen verursacht hatte, bei normaler Amplitude dieselben waren, wie die, welche sich abspielten, wenn über bereits gebildeten Wellenfurchen eine sehr mässige Oscillation der Wassermassen stattfand. Sobald die Sandanhäufung grösser wurde, trat bei der Bildung der Kräuselungen ebenfalls ein Uebergangsstadium ein, das dadurch gekennzeichnet war, dass die bereits gebildeten Wellenfurchen ihre Grösse verdoppelten, indem je zwei sich zu einer vereinigten. So ward eine Kräuselungsmarke von doppelter und konstanter Länge erzeugt, und die bei ihrer Bildung zu berücksichtigende Wirbelbewegung war identisch mit der, welche bei bereits gebildeten Wellenfurchen und ziemlich grosser Oscillation des Wassers in Betracht kam. Darwin konstatierte also bei jeder Entwicklungsphase der Wellenfurche und bei einer sich stets gleich bleibenden Intensität der Bewegung eine Analogie zu allen Vorgängen, die bei bereits gebildeten Wellenfurchen und bei variabler, stets zunehmender Oscillation in Berücksichtigung zu ziehen waren. Demnach wäre der Sachverhalt bezüglich der Wirbelbildung bei der Entstehung der Kräuselungsmarken derselben Art, so dass ihre Entstehung in der Wellenrinne folgendermassen zu erklären wäre:

Entstehung der Kräuselungsmarken in der Wellenrinne.

Sobald über einer ebenen, mit Wasser bedeckten Sandfläche eine Oscillation von ziemlich beträchtlicher Amplitude erzeugt wird, folgen die einzelnen Sandkörnchen infolge der Reibung dieser Bewegung. An einzelnen Stellen, wo grössere

oder mehrere kleinere zufällig zusammengeklebte Sandkörner einen Ansatzkern bilden, bleiben die hin- und herpendelnden Körnchen liegen und vermehren daselbst den Widerstand, so dass Wirbel entstehen können[1]), die ihre Thätigkeit entfalten. Bald liegt ein und derselbe Wirbel auf der Lee-, bald auf der Luvseite. Da sie stets nach aufwärts gerichtet sind, tragen sie zur weiteren Entwicklung der Kräuselungsmarken bei, so dass sich die einzelnen Sandanhäufungen allmählich vergrössern. Dabei ist der Wirbel auf der Leeseite von ganz besonderer Bedeutung, da er nicht nur eine Zerstörung der Kräuselungsmarke, die durch die von der Luvseite wirkende Wassermasse erfolgen müsste, verhindert, sondern da er sogar noch am weiteren Aufbau derselben Anteil nimmt. So werden die Kräuselungsmarken immer grösser und grösser, bis sie schliesslich so nahe aneinander rücken, dass sie sich zum Teil vereinigen. „As the sand tends to stick by friction in a great number of positions, the sand agglomerates into elongated patches.“

Zunächst entstehen Kräuselungen von geringerer Länge. Dieselben wachsen infolge der Thätigkeit der Wirbel mehr und mehr; mit zunehmender Grösse wird aber auch die Intensität der Wirbel bedeutender. Bald ist dieselbe gross genug, so dass die Baumwirbel in Thätigkeit treten[2]). Diese haben aber, wie Figur II beweist, zum Teil eine nach abwärts gerichtete Drehung, so dass das Bestehen der angrenzenden Wellenfurche wegen des kleinen Zwischenraumes insofern in Frage gestellt wird, als sie dieselbe stets zu verkleinern und abzutragen streben. So geht die Wirkung beider Baumwirbel abwechselnd darauf hinaus, jede zweite Kräuselungsmarke zu zerstören und Wellenfurchen von doppelter und konstanter Länge zu erzeugen. „Perhaps the normal state of transition is, that only one of the secondary

[1]) Figur I.
[2]) Figur II.

vortices is established at first, and that when the other secondary vortex is set up it tends to obliterate every alternate ripplemark, and thus to generate a ripple of double wave length."

Wie erwähnt, die Vorgänge bei diesem Uebergangsstadium waren äusserst kompliziert, so dass Darwin hier nur mit Wahrscheinlichkeitsgründen rechnen konnte. Seine Erklärung lässt in der That noch manches zu wünschen übrig. Welche Kräuselungsmarken sind dazu bestimmt, weiterzubestehen, und welche sind der Zerstörung preisgegeben? Bei Darwin finden diese Fragen keine Berücksichtigung.

Erinnern wir uns nun, dass wir es hier, im Experimente, mit stehenden Wellen zu thun haben! Krümmel[1]) schreibt: „Bei einer stehenden Welle bewegen sich die Teilchen im Innern der Flüssigkeit nicht mehr in geschlossenen Orbitalbahnen, sondern die Teilchen gehen durch dieselben Punkte derselben Bahnen wieder rückwärts, durch die sie vorwärts gegangen. Die Bahnen der schwingenden Teilchen sind nach Merian krumme Linien, welche gegen die Ebene der Ruhelage konkav sind. Die horizontale Bewegung ist dabei ein Maximum genau unter der Knotenlinie am Boden des Gefässes, daselbst aber die vertikale Bewegung null." Auch nach de Candolle bildeten sich zunächst kleine Wellenfurchen und dann erst solche von definitiver Länge. Bei allen Experimenten ergab es sich, dass die Wellenfurchen unter der Knotenlinie, weil hier die Geschwindigkeit am grössten ist, ihre definitive Länge zuerst erreichten[2]). Auf Grund dieser Thatsache möchte ich den Schluss ziehen, dass die Bildung

---

[1]) Handbuch der Ozeanogr., II. Teil, S. 141.

[2]) De Candolle schreibt: „Les rides prennent naissance dans la région médiane de l'auge, de part et d'autre du plan vertical qui la partage en deux parties égales. C'est aussi dans cette région que la composante horizontale du balancement est prédominante."

der Kräuselungen mit definitiver Länge von hier ausgeht. Der Wirbel auf der Leeseite der unter der Knotenlinie befindlichen Wellenfurche wird, weil er aus oben erwähnten Gründen zuerst die grössere Intensität erreicht, durch die indirekte Erzeugung des in Frage kommenden Baumwirbels den Fortbestand der angrenzenden Kräuselungsmarke in Frage stellen. Diese verschwindet allmählich mit ihren beiden primären Wirbeln, so dass letztere keine Baumwirbel erzeugen können und die nächstfolgende Wellenfurche nicht abgetragen wird. Diese weist wieder kräftigere primäre Wirbel auf, als die der Zerstörung preisgegebene Kräuselung, und von diesen primären Wirbeln wird jedesmal der stärkere, der auf der Leeseite, durch die Erzeugung seines Baumwirbels den Fortbestand der nächst folgenden Wellenfurche in Frage stellen u. s. w. So werden zuerst die in der Nähe der Knotenlinie befindlichen Kräuselungsmarken ihre Grösse verdoppeln, so dass von hier aus nach beiden Seiten hin ihr Abstand endgiltig geregelt wird.

Sobald die Distanz der Wellenfurchen konstant geworden ist, verschwinden die primären Wirbel, während die sekundären an Intensität zunehmen.

Diese befinden sich nun, wie Figur III zeigt, stets am Kamme oder auf beiden Seiten der Wellenfurche, und ihre Drehung ist in der Nähe derselben stets aufwärts gerichtet, so dass sie die Kräuselungsmarke aufzubauen und die Thalsohle auszufurchen imstande sind. In der Mitte der Oscillation (Phase IV) haben die Wirbel jedoch eine nach abwärts gerichtete Bewegung, so dass sie einen Teil der Wellenfurche abtragen müssten. Darwin nimmt daher an, dass die Pilzwirbel, falls sie bei grösserer Elongation überhaupt noch vorhanden[1]) sein sollten, sich bei der in Frage kommenden Phase da befänden, wo Figur III die beiden Sternchen auf-

---

[1]) Darwin konnte die primären Wirbel bei grösserer Elongation nicht mehr konstatieren.

weise, um der abtragenden Wirkung der Baumwirbel entgegenzutreten.

Sollten die Pilzwirbel, welche Darwin an der bezeichneten Stelle vermutet, jedoch nicht vorhanden sein, so wäre die Existenz der Wellenfurche doch noch insofern gesichert, als keiner der beiden Wirbel während dieser Phase sein Maximum erreicht, ferner insofern, als die dabei in Betracht kommende Zeit nur einen kleinen Bruchteil ausmacht im Verhältnis zur ganzen Halbperiode der Oscillation. Die beiden Wirbel erreichen nämlich ihr Maximum in dem Momente, wo die Wellenfurche am weitesten nach rechts, beziehungsweise nach links verschoben ist. Bei der Elongation der Wellenfurche nach rechts ist der rechte Baumwirbel am wirksamsten, während der linke infolge der Reibung längs der trennenden Linie ein relatives Maximum erreicht. Das Umgekehrte trifft natürlich für die entgegengesetzte Phase zu. Lässt die Bewegung des Wassers allmählich nach, so treten dieselben Entwicklungsphasen auf, wie wir sie bei bereits gebildeten Kräuselungen und bei zunehmender Amplitude der Oscillation kennen gelernt haben, natürlich in umgekehrter Reihenfolge. Das Wasser wird schliesslich ganz ruhig, und vollkommen regelmässige Kräuselungsmarken bedecken den Boden der Rinne.

2) Arten der Kräuselungsmarken.

Wellenfurchen.

Die Form der so entstandenen Kräuselungen ist vollkommen symmetrisch: beide Abhänge sind gleich und bilden mit der Horizontalen denselben Winkel; denn die Wirbel wirkten ja bei der alternierenden Bewegung des Wassers auf beiden Seiten der Kräuselungsmarken ganz gleichmässig. Diese Kräuselungen können, da sie ihre Entstehung hauptsächlich der Welle verdanken, als „Wellenfurchen" bezeichnet werden.

Wasserdünen.

Ausserdem findet man noch andere Kräuselungsmarken, die sich von den Wellenfurchen insofern unterscheiden, als

sie verschiedene Seiten und Böschungswinkel aufweisen. Forel beschreibt dieselben und nennt sie zum Unterschiede von den bereits betrachteten symmetrischen Kräuselungsmarken, denen er den Namen „Rides“ (Furchen) beilegt, „Dunes“ (Wasserdünen)[1]). Darwin hat ihre Entstehung ebenfalls näher untersucht, und de Candolle hat sie durch Rotation der Wellenrinne erzeugt. Diese Stromfurchen oder Wasserdünen — ihre Entstehung hat mit der Welle nichts zu thun — sind auf einen gleichgerichteten Strom zurückzuführen. Darwin stellte sie her, indem er zunächst einige kaum sichtbare Sandanhäufungen mit der Kante eines Brettes auf einer geebneten Sandfläche hervorbrachte und einen konstanten Strom darüber wirken liess. Es entstanden so unregelmässige Ketten von Stromfurchen, deren Leeseite stark geneigt war, während ihre Luvseite flach und bedeutend länger war als jene. Alsdann brachte er zwischen zwei Kräuselungen einen Tintentropfen und stellte auf Grund der Veränderungen desselben fest, dass auf der Leeseite ein Wirbel thätig ist, während der Strom auf der Luvseite seine Wirksamkeit entfaltet. Unsere Wahrnehmungen in der Natur können den Versuch Darwins nur bestätigen. Bei den vom Verf. beobachteten Kräuselungsmarken war die Leeseite ebenfalls bedeutend kürzer und steiler als die Luvseite[2]). Das Verhältnis beider war 1 : 4 bis 6. Später werden wir auf diese Gebilde zurückkommen, wenn wir ihre Entstehung in der Natur besprechen.

Zunächst soll noch untersucht werden, was die verschiedenen Experimente in Bezug auf die Richtung und Länge der Kräuselungsmarken ergeben haben.

---

[1]) Diese Wasserdünen entstehen ganz genau in derselben Weise wie die eigentlichen Dünen, mit denen sie viele Eigenschaften gemeinsam haben, da ja der lockere Sand bei seiner Anhäufung im allgemeinen denselben Gesetzen folgt.

[2]) Dasselbe beweisen Forels Beobachtungen an einem Bache bei Morges.

3) Richtung, Grösse und Tiefe der Kräuselungsmarken.

Richtung der Kräuselungsmarken im allgemeinen.

Die Richtung der Kräuselungsmarken steht im allgemeinen senkrecht zu der der wirkenden Kraft, und es ist vollständig gleich, auf welche Art sie erzeugt werden, durch stehende Wellen oder durch einen konstanten Strom, ob sie gross oder klein sind. De Candolle liess eine mit Sand bedeckte Scheibe unter Wasser rotieren, und es entstanden dabei Furchen, die senkrecht zur Bewegungsrichtung sich ablagerten und radial wie die Speichen eines Rades verliefen. Wurde die Scheibe indessen hin- und hergeschoben, so entstanden Kräuselungen, die einander parallel und zugleich senkrecht zur Bewegungsrichtung waren. Interessant ist der Versuch, den de Candolle mit einem Gefässe veranstaltete, das er in Rotation versetzte und zugleich schaukeln liess. Es ergaben sich zwei Systeme von Kräuselungsmarken. In der Mitte, wo die Rotation weniger zur Geltung kam, die Bewegung des Wassers unterhalb der Knotenlinie aber ihr Maximum erreichte, entstanden Kräuselungen, die einander parallel waren und auf die schaukelartige Bewegung zurückzuführen wären; weiter vom Centrum des Gefässes entfernt, gab jedoch die Rotation den Ausschlag, so dass daselbst radial verlaufende Kräuselungsmarken zur Ablagerung gelangten. Diese Versuche de Candolles werden durch die von Hunt, Darwin und Forel bestätigt.

Ausnahmen.

Es ist jedoch kein Zweifel, dass es auch Ausnahmen gibt, dass die Terrainverhältnisse bei der Richtung und Bildung der Kräuselungen in gebührender Weise zu berücksichtigen sind. Forel wurde zunächst durch einen Vorgang in der Natur auf diese Thatsache aufmerksam gemacht. Am 23. Mai 1883 sah er, dass sich im Genfer See nahe am Ufer eine Kräuselungsmarke gebildet hatte, die ihre Entstehung und Richtung einem cylinderförmigen Blechgefässe verdankte. Dasselbe ersetzte naturgemäss die im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung in Betracht kommende Sandanhäufung,

so dass es die Ausgangslinie für ein System paralleler Rippungen wurde, wiewohl seine Achse und die ihm parallel laufenden Kräuselungen nicht senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen waren. Forel kam daher auf den Gedanken, mit Hilfe eines Metallstreifens diesen, in der Natur beobachteten Vorgang im Experimente nachzumachen. Das Metall wurde quer in die Rinne (also nicht senkrecht zu ihrer Längsachse) gelegt. Es entstand zuerst eine Wellenfurche, deren Kern von dem Metallstreifen gebildet wurde; alsdann traten neue Rippungen auf, die alle der ursprünglichen Kräuselungsmarke und unter sich parallel waren und somit nicht senkrecht zur Bewegungsrichtung der Wassermasse standen. „Tout le système des rides s'est ainsi établi successivement dans le sable, en partant de l'obstacle artificiellement placé.“

Dass dieser Vorgang nicht dem reinen Zufall zuzuschreiben war, geht aus dem Umstand hervor, dass Forel das Experiment wiederholte[1]) mit der Modifikation, dass er das fragliche Hindernis da anbrachte, wo sich vorher eine Furche befand. „Tout le système des rides avait donc été déplacé de l'espace d'une demi-largeur de ride.“ Ebenso kann eine Vertiefung den Ausgangspunkt für ein ganzes System von Kräuselungsmarken bilden. „Un creux tracé dans le sable amène au même résultat.“[2])

Die Erklärung dieses Vorgangs führt Forel auf den Umstand zurück, dass der mit Sand beladene Strom einen Teil desselben an dem Gegenstande abgebe, während der Rest desselben über den Kamm geführt, auf der anderen Seite des Metallstreifens abgelagert werde und hier so lange liegen bleibe, bis der zurückkehrende Strom ihn wieder erfasse und bis zum Hindernisse transportiere. So entstehe

---

[1]) Die Intensität der Bewegung der Wassermasse darf nicht zu gross werden, da sich sonst das Hindernis senkrecht zur Richtung der bewegenden Kraft legt.

[2]) Was auch Darwin bestätigt.

zunächst eine Erhöhung, deren Kern von dem Metallstreifen gebildet werde. Da nun der Strom, so oft er das Hindernis passiere, einen Teil des Materials verliere, mache sich schliesslich ein bedeutender Verlust an Sand geltend, so dass zu beiden Seiten der Erhöhung eine Vertiefung, eine Furche folge, die ihrerseits wieder Veranlassung zur Entstehung einer Wellenfurche gebe und so fort. Es ist begreiflich, dass der Sand, welcher während einer halben Oscillation die Strecke l zurücklegen sollte, einerseits an dem Hindernisse haften bleibt, andererseits in den auf der Leeseite wirkenden Wirbel fällt, so dass er nur zum Teile bis zur Entfernung l transportiert wird. So muss natürlich am Ende der Strecke l, wo unbedeutendere Ablagerungen erfolgen, eine Vertiefung entstehen, die, was Forels Experimente bewiesen, wieder eine Wellenfurche hervorruft u. s. w.

Wie diese Furche ihrerseits aber eine Kräuselungsmarke erzeugt, auf diese Frage geht Forel nicht näher ein. Darwins Wirbelgesetz versetzt uns in die Lage, den Vorgang zu erklären. Sobald das betreffende Hindernis genügende Dimensionen angenommen hat[1]), treten die Darwinschen Baumwirbel auf. Diese Wirbel, welche, wie bereits erörtert wurde, die ursprünglichen Kräuselungen von halber Länge zerstören und die Furche gründlich ausfegen, werden dafür sorgen, dass die Sandmassen erst in einer gewissen, den Umständen angepassten Entfernung wieder zur Ablagerung gelangen, und dies um so mehr, als am Ende der Strecke l die konkave Ausbuchtung in eine dickere, convex gekrümmte Sandschicht übergeht, die den Ansatzkern für eine weitere Wellenfurche bildet. Am Ende der Entfernung l entsteht zunächst eine kleinere Sandanhäufung, die sich nach und nach zu einer vollständigen Wellenfurche entwickelt und dann wieder zur Entstehung weiterer Kräuselungs-

[1]) Was bei einem Metallstreifen schon von vornherein der Fall ist.

marken Veranlassung geben kann. Die Baumwirbel wären demnach bei der Bildung des Thales und zum Teile auch bei der Entstehung der folgenden Wellenfurche in Betracht zu ziehen.

Grösse der Kräuselungsmarken nach de Candolle.

Nach Forel kommt die Strecke l, welche die Sandkörnchen während einer Oscillation zurücklegen, bei der Bildung der Kräuselungmarken in Betracht. Somit sind wir bei der Thatsache angelangt, dass die Länge der Kräuselungen, da die Strecke l mit der Grösse und Heftigkeit der Oscillation variiert, ebenfalls von diesen Faktoren abhängt. Dies bestätigt de Candolle, der darauf hinweist, dass bei geringerer Amplitude der Oscillation kleinere Wellenfurchen entstehen, und dass ihre Entfernung von einander mit der Intensität der Bewegung zunimmt.

Allerdings bedarf der zweite Teil des de Candolleschen Fundamentalsatzes einer Erweiterung, wenn de Candolle sagt: „L'écartement des rides est en raison directe de l'amplitude du frottement." Sobald nämlich das die Welle erzeugende Agens nach und nach verschwindet, nimmt auch jene an Intensität ab; die Reibung wird geringer, und die gebildeten Wellenfurchen müssten demnach ihre Entfernung und Grösse verändern. Sie müssten kleiner werden und schliesslich ganz verschwinden. Diese Folgerung findet weder in der Natur, noch im Experimente ihre Bestätigung; Forel weist sogar nach, dass auf bereits gebildete Kräuselungen die Abnahme der Intensität der Oscillation von keiner Bedeutung ist. „L'amplitude du balancement n'a pas d'influence sur la largeur des rides une fois formées." Ähnlich spricht sich auch Darwin aus: „It is to note that when once a fairly regular ripplemark is established, a wide variability of amplitude in the oscillation is consistent with its maintenance or increase. No explanation of ripple—making can be deemed satisfactory which does not satisfy this condition" [1]).

---

[1]) Was die bereits beschriebenen Versuche Darwins bestätigen.

Dem zweiten Teile des de Candolleschen Fundamentalsatzes[1]) wären demnach, wie Forel bemerkt, die Worte „au moment de leur établissement" beizufügen.

Grösse der Kräuselungsmarken bei zunehmender Intensität der Bewegung.

Ob aber die Länge der gebildeten Kräuselungsmarken dieselbe bleibt, wenn die Grösse und Geschwindigkeit der Oscillation zunimmt, ist sehr fraglich. Es ist wohl anzunehmen, dass bei geringer Beschleunigung die Wellenfurchen sich nicht verändern, wenn die Oscillation keine zu grosse Dauer hat; anders verhält es sich jedoch, falls die Intensität der Bewegung bedeutend wächst, oder falls die Wirkung der, wenn auch nur ein wenig heftigeren Oscillation lange genug anhält.

Im ersten Falle kann die Intensität der Bewegung zu gross sein, so dass die Sandteilchen aufgerüttelt und die Wellenfurchen zerstört werden[2]). Dies ist stets der Fall, wenn die Geschwindigkeit des Wassers im Verhältnis zur Grösse der Sandkörner sehr beträchtlich ist, so dass diese die Reibung am Boden überwinden und nicht zur Ablagerung gelangen. Erst bei abnehmender Amplitude der Schwingung werden sich neue Rippungen bilden.

Anders wird sich der Sachverhalt im zweiten Falle gestalten, wenn die Heftigkeit der Oscillation zwar zugenommen hat, aber immerhin nicht so viel, dass sie imstande ist, den Sand am Boden der Rinne aufzuwühlen. Die Länge einer Kräuselungsmarke, die im Sande von bestimmter Korngrösse gebildet wird, entspricht einer bestimmten Amplitude der Oscillation des Wassers. Die vergrösserte Intensität strebt danach, Kräuselungen von der ihr zukommenden Länge zu erzeugen. Es wird nämlich, da auch die Intensität der Wirbel mit der Geschwindigkeit der Bewegung zunimmt, ein Wirbel mit dem benachbarten in Konflikt geraten, da beiden bei der allzu starken Oscillation ein zu kleiner Wirkungs-

---

1) Seite 15.
2) Seite 25.

kreis zugewiesen ist. Zu beiden Seiten der Kräuselungen werden Strömungen von noch komplizierterer Art auftreten, wie die, welche wir beim Übergangsstadium von der halben zur doppelten Länge der Wellenfurchen kennen gelernt haben, so dass die Kräuselungen allmählich ganz oder teilweise verschwinden[1]). Der Sand wird sich an einigen noch vorhandenen Unebenheiten, welche von den früheren, noch nicht ganz geebneten Kräuselungen herrühren, anhäufen. Diese Sandablagerungen werden sich vergrössern und zusammenwachsen; neue Wirbel treten auf, und es bildet sich somit ein neues System von Sandfurchen, deren Länge der Heftigkeit der Oscillation und der Korngrösse des Sandes entspricht. Darwins Experimente[2]), die bei gleichem Wasserstande, aber verschiedener Intensität der Oscillation vorgenommen wurden, bewiesen ebenfalls, dass die Länge der Kräuselungen mit der Geschwindigkeit des Wassers zunimmt. Es entstanden um so mehr Sandfurchen, je kleiner die Geschwindigkeit war; eine grössere Geschwindigkeit erzeugte natürlich eine kleinere Anzahl von desto grösseren Wellenfurchen auf derselben Fläche.

Grösse der Kräuselungsmarken nach Forel und Darwin.

Bezüglich der Frage, ob die Grösse der Kräuselungen direkt proportional ist der Zunahme der Amplitude oder dem Quadrate derselben, gehen die Ansichten Forels und Darwins auseinander. — Forel macht nämlich die Grösse derselben abhängig von der Länge der Strecke, welche ein Sandkörnchen während der Halbperiode einer Oscillation durchläuft: „La largeur des rides, soit la distance d'une crête à l'autre, est le trajet que ferait, dans un mouvement

[1]) In fliessendem Wasser konnte man ähnliche Erscheinungen konstatieren. Verstärkt man z. B. den Strom über einer Kräuselungsmarke, indem man ein Brett über den Kamm derselben bringt, so nimmt die Intensität der Wirbel auf der Leeseite zu. Die Bewegung der Sandkörner ist dann sehr kompliziert. Sie werden emporgewirbelt, und die Kräuselungsmarke wird abgetragen. Durch das über dem Kamme angebrachte Brett wird die Strömung verstärkt, weil sich die Wassermasse vor demselben staut, so dass eine lebhaftere Strömung entsteht.

[2]) Experimente 7—13, S. 20. (Proc. of the R. S. Bd. XXXVI.)

de balancement, un grain de sable librement transporté par l'eau."

Forel meint[1]) den Weg, welchen ein Sandkörnchen von mittlerer Grösse am Boden des Gefässes zurücklegt, und so kommt er auf Grund dieser Behauptung zu dem Schlusse, dass kleinere Sandkörnchen unter gleichen Verhältnissen grössere Kräuselungen bilden müssten, dass die Länge der Wellenfurche also umgekehrt proportional wäre der Grösse und dem spezifischen Gewicht der sie bildenden Sandkörner. Dieses, auf rein theoretischen Deduktionen beruhende Resultat stimmt mit den Erfahrungen nicht überein, wie später gezeigt wird.

Forel befindet sich mit Darwin ausserdem insofern in Widerspruch, als nach seinen Ausführungen[2]) die Länge des Weges (L), welchen ein Körnchen von mittlerer Grösse während einer halben Periode zurücklege, direkt proportional wäre der Amplitude (a) und Geschwindigkeit (c) der balancierenden Wassermasse[3]). Da diese (c) aber dem Verhältnis oder dem Quotienten aus der Amplitude der Oscillation und ihrer Dauer (t) gleich sei[3]), so wäre die Länge des Weges, welchen ein Körnchen während der halben Schwingungsperiode des Wassers zurücklege, direkt proportional dem Quadrate der Amplitude, dividiert durch die Halbperiode der Oscillation[3]). Nach Darwins Experimenten, die er

---

[1]) Proc. etc. Bd. 36, S. 39. Anm.

[2]) Arch. etc. Bd. X, S. 59.

[3]) Nach Forel wäre: $L. = \lambda.\ a.\ c$, wobei λ eine Konstante bedeutet. Nun ist aber $c = \mu\ \frac{a}{t}$ $\left(\mu \text{ eine Konstante}\right)$; also wäre $L = \lambda\mu\ \frac{a^2}{t}$ (I). Nach Darwin wäre $L = \gamma.\ c$ (γ eine Konstante). Den Wert für $c = \mu\ \frac{a}{t}$ in diese Gleichung eingesetzt, gibt: $L = \mu\,\gamma.\ \frac{a}{t}$ (II) oder: $L = \beta.\ a.\ n.$ (β eine Konstante). a.n stellt die Geschwindigkeit dar; denn diese hängt von n, der Anzahl der Oscillationen in der Zeiteinheit, und a, der Amplitude derselben, ab. Die Gleichungen I und II zeigen den Widerspruch, da nach Darwin c der Amplitude der Schwingung, nach Forel aber dem Quadrate derselben proportional wäre.

zum Teil (Exp. 7—14) einer analytischen Rechnung unterwarf, wäre die Grösse der Kräuselungsmarken direkt proportional der Geschwindigkeit der Wassermasse[1]; diese stehe aber in direktem Verhältnis[2]) zu dem Quotienten, der aus der Grösse der Amplitude und deren Periode resultiere, oder es wäre die Grösse der Kräuselungen, indem Darwin alle Zahlen auf die Zeiteinheit reduzierte, proportional der Anzahl der Oscillationen (n) in einer Minute, respektive in einer Sekunde, multipliziert mit der Amplitude der Schwingung[1]).

Darwin[3]) fand für eine gewisse Sandgrösse, dass die Länge der Kräuselungen sich zur Geschwindigkeit der Oscillation im Mittel verhielt, wie 0,147 : 1, falls die Sekundengeschwindigkeit in Zoll ausgedrückt war.

Demnach wäre nach Darwin die Länge der Kräuselungsmarken einfach proportional der Geschwindigkeit, und diese stünde wiederum im geraden Verhältnis zur Amplitude, multipliziert mit der Anzahl der Oscillationen in der Zeiteinheit.

Es ist offenbar ein Widerspruch zwischen Forels Behauptungen und den Experimenten Darwins vorhanden. Wenn nun, wie Forel behauptet, die Länge einer Wellenfurche wirklich so gross ist, dass sie der Strecke gleichkommt, die ein Sandkörnchen von mittlerer Grösse während der Halbperiode einer Oscillation zurücklegt, so bleibt seine Ansicht zu Recht bestehen. Diese Strecke wird einerseits mit der Amplitude der Oscillation zunehmen, anderseits aber auch mit der Geschwindigkeit derselben, da die Körnchen bei wachsender Intensität der Bewegung grössere Wege in derselben Zeit zurücklegen, und es kann kein Zweifel sein, dass die Geschwindigkeit den Quotienten darstellt aus der Grösse der Amplitude und ihrer Periode. Die Experimente Darwins führen jedoch zu anderen Resultaten.

---

[1]) Seite 38, Anmerkung 3.
[2]) Wie bei Forel.
[3]) Proc. Bd. 36, S. 20 f.

Der Widerspruch mag daher rühren, das Forel mit mehreren Rinnen von verschiedener Länge experimentierte, so dass es ihm möglich war, stehende Wellen von derselben Amplitude, aber verschiedener Geschwindigkeit[1]) zu erzeugen. Dies war Darwin, der bei seinen Versuchen, durch die er das Wirbelgesetz festzustellen vermochte, eine und dieselbe Rinne mit übrigens gleichem Wasserstande benutzte, nicht möglich. Daher war auch die Summe der Grösse einer Wellenfurche, der Oscillation ihres Kammes und der Länge einer Schlangenlinie des Tintenbaumes ungefähr ebenso gross wie die Amplitude der Oscillation der Wassermasse[2]), und diese Amplitude muss in demselben Gefässe bei gleichem Wasserstande wieder direkt proportional der Geschwindigkeit sein, so dass die Länge der Kräuselungsmarken in einfachem Verhältnis steht zur Amplitude der Schwankung. Für ein und dasselbe Gefäss sind Amplitude und Geschwindigkeit der Oscillation zwei von einander abhängige Faktoren.

Bei Darwins Rotationskräuselungen[3]), bei denen keine stehenden Wellen zur Anwendung gelangten, war es allerdings möglich, bei gleicher Amplitude verschiedene Geschwindigkeiten zu erzeugen. Darwin verweist nun auf diese Resultate und behauptet, es wäre bei gleichem Wasserstande die Länge der Kräuselungen proportional der Geschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Grösse der Schwankung[4]). Vergleichen wir aber diese Resultate, die sich auf Grund der Experimente und einer analytischen Berechnung

---

[1]) Nach Forel lautet die Formel für stehende Wellen: $t = c \frac{l}{\sqrt{p}}$, wobei t die Periode der Schwingung, l die Länge des Bassins, p dessen Tiefe und c einer weiterer Faktor ist.

[2]) Proc. etc. Bd. XXXVI, S. 30 f.

[3]) Exper. 7—14.

[4]) Darwins Angaben sind wenig zu einer rechnerischen Verwertung geeignet, da die Geschwindigkeit der Wassermassen über den Kräuselungen verschieden war. Am Rande des Rotationsgefässes war sie grösser als in der Nähe des Zentrums.

ergaben, so finden wir, dass das Verhältnis von $\lambda : v$ immerhin ganz beträchtlich (0,186 : 1 und 0,120 : 1)[1]) schwankt, und es dürfte daher etwas gewagt erscheinen, wenn man die Länge der Kräuselungsmarken nur von der Maximalgeschwindigkeit des Wassers abhängig machen wollte. Es wäre wünschenswert, dass weitere Messungen veranstaltet werden, die um so bessere Resultate in Aussicht stellen dürften, wenn sie auf Experimenten, die man mit stehenden Wellen in verschiedenen Rinnen vornehmen sollte, beruhten. Rotationsfurchen sind unseres Erachtens nicht besonders zweckdienlich, da dieselbe Kräuselung entsprechend der Geschwindigkeit des Wassers eine verschiedene Länge aufweist. Es entspricht jedoch kaum dem wahren Sachverhalt in der Natur, wenn über den einzelnen Teilen derselben Kräuselungsmarke die Geschwindigkeit eine verschiedene ist.

Forels Versuche ergaben, dass neben der Geschwindigkeit des oscillierenden Wassers die Amplitude der Oscillation bei der Länge der Kräuselungsmarken zu berücksichtigen ist. Welcher von beiden Faktoren mehr in Betracht kommt, lässt sich auf Grund des vorliegenden Materials nicht mit Bestimmtheit feststellen. Folgende Betrachtung dürfte dem wahren Sachverhalt etwas näher kommen.

Bei der Entstehung der Kräuselungen spielt Darwins Wirbelgesetz eine Hauptrolle; es ist daher zu berücksichtigen, dass ihre Länge auch von der Intensität der Wirbel abhängt. Darwin hat nun gefunden, dass an der Stelle, wo der Sand eine dünne Schicht bildete, kleinere Rippungen entstanden als da, wo eine dickere Sandschicht vorhanden war. Dort hatten die kleineren Sandkräuselungen keine Gelegenheit sich zu vergrössern, und es konnten daher

---

[1]) Nach Darwin: 0,0031 : 1, bezw. 0,002 : 1; bei dieser Berechnung ist aber die Geschwindigkeit der Wassermasse pro Minute zu Grunde gelegt, also pro Sekunde 0,186 : 1, beziehungsweise 0,120 : 1.

die Wirbel an Intensität nicht zunehmen und jede zweite Kräuselungsmarke zerstören[1]). Anders verhielt es sich bei einer dickeren Sandschicht. Hier entstanden stets Wellenfurchen von doppelter Länge[2]). Auf Grund dieser Thatsache lässt sich der Schluss ziehen, dass sowohl die Amplitude der Oscillation, als auch ihre Geschwindigkeit im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung massgebend ist für die Grösse der Wellenfurchen. Es entstehen zunächst Kräuselungen, deren Länge der Strecke proportional ist, welche ein Sandkörnchen von mittlerer Grösse während der Halbperiode einer Oscillation zurücklegt. Sobald aber die Sandanhäufungen grösser werden, verschwindet jede zweite Kräuselungsmarke infolge der Thätigkeit der Baumwirbel. Diese verrichten jetzt alle Arbeit, und ihre Intensität ist einzig und allein abhängig von der Geschwindigkeit der Wassermasse. Die Sandteilchen bewegen sich jetzt nicht mehr wie im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung so weit, dass der von ihnen zurückgelegte Weg der Länge einer Kräuselungsmarke gleichkommt, sondern das Schwanken des Kammes ist, wie Figur III beweist, bedeutend geringer.

De Candolles Behauptung[3]), dass die einzelnen Teilchen von Gipfel zu Gipfel wandern, mag daher für die erste Entwicklungsphase der Kräuselungsmarken gelten. Er widerspricht[4]) sich übrigens, wenn er zuvor behauptet, dass die Sandteilchen am Gipfel der Wellenfurche bald nach dieser,

---

[1]) „The maximum velocity of the water relatively to the bottom must depend upon the intensity of the vortices, and this depends upon the height of the ripple-mark."

[2]) De Candolle scheint diese Thatsache nicht beobachtet zu haben. Bei seinen Versuchen war die Anzahl der Kräuselungen stets gleich, ob die Materie vervielfältigt wurde oder nicht. (Arch. etc. Bd. IX, S. 262. Anm.) Dies mag wohl daher rühren, dass immer eine genügende Sandmenge vorhanden war. Uebrigens hat de Candolle selbst Furchen von halber Länge konstatiert. (Seite 28.)

[3]) Arch. etc. Bd. IX, S. 257.

[4]) Proc. etc. Bd. XXXVI, S. 38.

bald nach jener Seite pendelten. Sobald die Baumwirbel thätig sind, kann der Weg, den ein Sandkorn zurücklegt, unmöglich gleich der Länge einer Kräuselungsmarke sein. Die Sandkörnchen am Gipfel pendeln hin und her, die in der Furche bewegen sich bei stärkerer Oscillation in demselben, bei geringerer Amplitude im entgegengesetzten Sinne (Figur II u. III); die Schwankung der letzteren ist jedoch bedeutend geringer[1]).

Man könnte den Einwand machen, dass die Grösse der Amplitude bei dem Transport der Wirbel und demnach auch bei der Länge der Kräuselungsmarken zu berücksichtigen wäre. Nach Krümmel schieben sich die Wasserteilchen bei der stehenden Welle am Boden hin und her, so dass Strömchen von wechselnder Richtung entstehen; die Länge dieser Strömchen hängt wieder von der Grösse der Amplitude ab. Wie aber beim fliessenden Wasser der Wirbel auf der Leeseite einer Kräuselungsmarke trotz des langen am Boden des Rinnsals dahinfliessenden Stromes nicht von der ihm zugehörigen Stromfurche bis zur nächstfolgenden entfernt wird, ebenso hätten wir den Vorgang auch hier zu erklären. Immerhin wäre es wünschenswert, wenn weitere Untersuchungen und Experimente geeignet wären, mehr Licht über diesen noch etwas dunkeln Vorgang zu verbreiten.

Einfluss der Korngrösse des Sandes auf die Länge der Kräuselungsmarken.

Bei der Länge der Kräuselungsmarken wäre nach Forel die Korngrösse des Sandes in Betracht zu ziehen. Es wurde bereits auf den Widerspruch[2]) hingewiesen, der sich zwischen seinen theoretischen Untersuchungen und der Erfahrung geltend macht. Die Grösse der Kräuselungsmarken wäre nach seiner Ansicht indirekt proportional dem Volumen und spezifischen Gewichte der Sandkörner, ein Theorem, das sich mit seinen Experimenten[3]) nicht in Einklang bringen lässt. De Candolle, Darwin und Forel

[1]) Proc. etc., S. 28 f.
[2]) Seite 38.
[3]) Arch. etc., Bd. X, S. 51.

selbst haben auf diese Thatsache aufmerksam gemacht. Der Grund liegt darin, dass kleinere Sandkörner die grössere Wellenfurchen bilden müssten, bei heftiger Oscillation nicht zur Ablagerung gelangen, während dies bei denjenigen von grösserem Volumen eher möglich ist[1]). Jene können sich erst dann zu Wellenfurchen vereinigen, wenn die Intensität der Bewegung abnimmt. Der schwächeren Oscillation entspricht aber auch eine geringere Länge der Kräuselungsmarken.

Daraus geht zugleich hervor, dass die Grösse der Wellenfurchen nur in gewissen Grenzen der Geschwindigkeit der Bewegung proportional ist. Ist diese zu gross oder zu gering, so entstehen keine Kräuselungen, eine Thatsache, die sich am besten mit Hilfe einer Rotationsrinne beweisen lässt. Unter gewissen Umständen bilden sich nur in der Mitte derselben Kräuselungsmarken, während am Rande und in der Nähe des Zentrums keine Rippungen entstehen, da die Bewegung dort zu intensiv, hier zu schwach sein kann. Daher kommt es auch, dass sich zunächst die grösseren Sandkörner ablagern und dann die kleineren. Diese bilden dann den Gipfel der Wellenfurche.

---

[1]) Grössere Kräuselungsmarken aus feinerem Material können übrigens bei stärkerer Strömung gar nicht existieren, da mit der Grösse der Wellenfurche die Stärke der Strömung und die Intensität der Wirbel zunimmt, so dass die feineren Sandkörner leicht emporgewirbelt und fortgeschwemmt werden. Wir konnten unter fliessendem Wasser des öfteren konstatieren, dass bei heftiger Intensität des Wirbels auf der Leeseite einer Kräuselungsmarke die feineren Sandkörner sehr hoch emporgehoben, vom Strom erfasst und fortgetrieben wurden, während die grösseren sich hie und da zwar erhoben, aber immer wieder auf den Boden fielen. Eine Sandfurche kann also nur so lange wachsen, als die Strömung und mit ihr der Wirbel nicht zu stark wird. Bei göberem Material tritt dieser Fall viel später ein als bei feinerem. Die Stärke der Strömung nimmt beim fliessenden Wasser wie bei der stehenden Welle mit der Entfernung vom Boden zu, so dass in einer gewissen Höhe die Abtragung die Aufschüttung überwiegt. Diese Grenze liegt um so tiefer, je feiner das Material der Kräuselungen ist.

Schliesslich wäre die Frage noch zu erörtern, ob die Tiefe des Wassers die Grösse der Kräuselungsmarken zu beeinflussen vermag. Die Beobachtung zeigt, dass ihre Länge sich umgekehrt verhält wie die Tiefe des Wassers. Für diese Thatsache sprechen die Versuche Forels, und de Candolle sucht den wahren Sachverhalt zu erklären.

Grösse der Kräuselungen bei zunehmender Tiefe.

Bei den diesbezüglichen Experimenten kamen uninodale Schwingungen in Betracht. Die Fläche (q), die man sich durch die Knotenlinie senkrecht zum Boden der Rinne gelegt denkt, und die das Becken in 2 gleiche Teile scheidet, wird ihre Grösse bei der Oscillation der Wassermasse nicht verändern. Die Wasserteilchen passieren diese Ebene, indem ein Teil derselben von einer nach der anderenSeite gelangt. Ist nun bei gleicher Amplitude (n o) der Schwingung, der Wasserstand bei zwei aufeinander folgenden Experimenten in derselben Rinne verschieden (Fig. IV u. V), so wird dennoch dieselbe Flüssigkeitsmasse den Querschnitt unter der

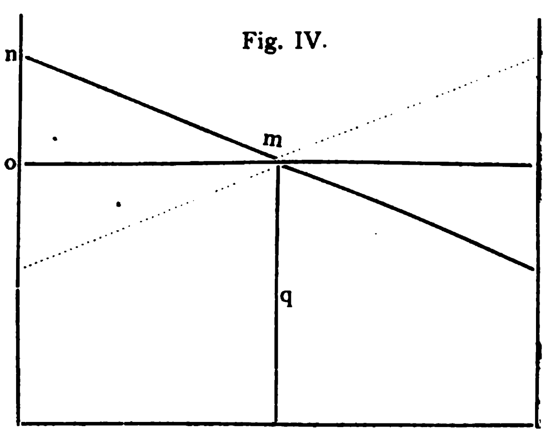


Fig. IV.

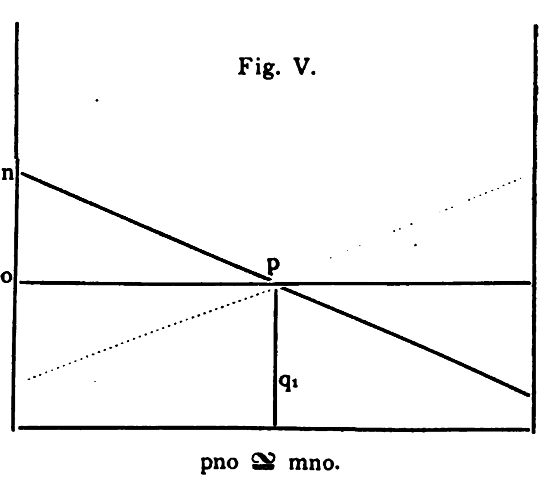


Fig. V.

pno ≌ mno.

Knotenlinie passieren, nämlich 2 mno = 2 pno. Bei niedrigem Wasserstande ist dieser Querschnitt bedeutend geringer als bei grösserer Tiefe ($q_1 < q$); in beiden Fällen fliesst aber dieselbe Flüssigkeitsmenge von einer nach der anderen Seite. Es ist daher kein Zweifel, dass die Bewegung bei geringer Tiefe in der Nähe der Mittelebene eine intensivere sein muss. De Candolles Erklärung ist jedoch nicht ganz korrekt. Er setzt stillschweigend voraus, dass bei verschiedenem Wasserstande die Periode der Oscillation dieselbe sei. Nach Forel[1]) steht diese jedoch im umgekehrten Verhältnis zur Quadratwurzel aus der Tiefe des Wassers. Mit zunehmender Tiefe wird demnach die Periode der Oscillation kürzer, so dass die Intensität der Bewegung wächst, falls die Amplitude dieselbe bleibt. Einerseits wird also bei gleicher Amplitude die Intensität der Bewegung mit der Wassertiefe zunehmen, andererseits aber wächst der Querschnitt, durch den sich die Flüssigkeit von einer nach der anderen Seite verschiebt, so dass die Geschwindigkeit in der Nähe des Querschnitts eine geringere ist. Trotzdem bleibt de Candolles Behauptung richtig. Der Querschnitt der Vertikalebene sei q und q_1, b sei die Breite der Wasserrinne, p und p_1 die Tiefe des Wassers; dann ist:

$q : q_1 = bp : bp_1 = p : p_1$ (I) d. h. bei derselben Rinne verhalten sich die durch die Knotenlinie gelegten Querschnitte wie die entsprechenden Tiefen. Die mittlere Geschwindigkeit (v), mit welcher die Wasserteilchen die Vertikalebene (den Querschnitt) passieren, steht in direktem Verhältnis zur Geschwindigkeit der Oscillation (g) und ist umgekehrt proportional dem Querschnitt.

$$v = \frac{\lambda \cdot g}{q} \quad (\lambda \text{ eine Konstante})$$

[1]) Archives LVII p. 278. Genf 1876, und Arch. d. sc. Bibl. un Bd. X, S. 50; $t = c \frac{1}{\sqrt{p}}$ (S. 40 Anm. 1).

$$v : v_1 = \frac{\lambda \cdot g}{q} : \frac{\lambda \cdot g_1}{q_1} = gq_1 : g_1q \text{ (H)}$$

Bei derselben Rinne mit verschiedenem Wasserstand verhält sich aber: $g : g_1 = t_1 : t = \frac{c \cdot l}{\sqrt{p_1}} : \frac{c \cdot l}{\sqrt{p}} = \sqrt{p} : \sqrt{p_1}$ (II).

$$\left.\begin{array}{l} g : g_1 = \sqrt{p} : \sqrt{p_1} \text{ (II)} \\ q_1 : q = p_1 : p \text{ (I)} \end{array}\right\} \text{eingesetzt in (H)}$$

$$v : v_1 = \sqrt{p} \cdot p_1 : \sqrt{p_1} \cdot p.$$

$v : v_1 = \sqrt{p_1} : \sqrt{p}$. Nimmt z. B. die Tiefe um das Vierfache ab, so dass $p = 1$, $p_1 = \frac{1}{4}$ ist, so ergibt sich: $v : v_1 = \sqrt{\frac{1}{4}} : \sqrt{1} = \frac{1}{2} : 1$;

dann wird $v_1 = 2v$, d. h. die neue Geschwindigkeit übertrifft die ursprüngliche um das Doppelte. Demnach wäre die Tiefe des Beckens mehr in Betracht zu ziehen als die Schwingungsperiode des Wassers.

Hunt, der sich in seiner Abhandlung „On the Formation of Ripplemark" mit der Tiefenwirkung der Wellen eingehend beschäftigt hat, konstatierte, dass sich die Bewegung derselben bis zu ihrer 62fachen Höhe nach der Tiefe zu fortpflanzte; nach den Gebrüdern Weber macht sie sich sogar bis zu einer Tiefe, welche der 350fachen Wellenhöhe gleichkommt, bemerkbar. Es könnten sich demnach in derartigen Tiefen, falls die Wirkung der Woge stark genug wäre, kleinere Kräuselungsmarken in feinerem Sande oder im Schlamme bilden. **Die Tiefenwirkung der Wellen.**

Nach Darwin müsste die Geschwindigkeit des Wassers am Boden der Rinne mehr als 6 Zoll pro Sekunde betragen, falls noch Kräuselungen entstehen sollten. Hunt ist indessen der Ansicht, dass bei alternierenden Strömen bereits eine Geschwindigkeit von 4 Zoll genüge, um Wellenfurchen von einem Zoll zu bilden. Eine noch kleinere [1]) Stromgeschwindigkeit könnte Kräuselungen von geringerer Ausdehnung er-

[1]) Hunt, S. 15 und 16.

zeugen. K. W. Lyell führt aus, dass ein Strom von 6 Zoll Geschwindigkeit pro Sekunde imstande sei, feinen Sand zu heben[1]).

In neuester Zeit hat sich Thoulet[2]) mit dieser Frage beschäftigt. Aus seinen Versuchen geht hervor, dass die Steigerung des Druckes bis 15 Atmosphären ohne Einfluss ist auf die Geschwindigkeit des Niederschlages[3]). Seine Experimente bestätigten ferner das Brewer sche Gesetz, nach dem sich der Niederschlag im salzigen Wasser bedeutend rascher vollzieht als im destillierten. Ein Strom von nur 2,9 mm pro Sekunde wäre nach Thoulet imstande, die feinsten Globigerinenschalenstückchen aufzuheben; grössere Stückchen würden von einer 10fach stärkeren Strömung gehoben. Daraus geht hervor, dass die Bewegung eine äusserst schwache sein darf, wenn noch Wellenfurchen, allerdings von geringer Ausdehnung und in äusserst feinem Sande, entstehen sollen[4]).

4) Resultat.

Aus all diesen Betrachtungen geht hervor, dass stehende Wellen imstande sind, Wellenfurchen zu erzeugen. Wirbelartige Strömchen sind an dem Aufbau der Kräuselungsmarken beteiligt. Da die Wasserteilchen sich bald nach dieser, bald nach jener Seite verschieben, wechseln die Wirbel in Bezug auf ihre Intensität und zwar so, dass der auf der Leeseite stets der stärkere ist. Die Kräuselungsmarken weisen, da die alternierende Bewegung mit gleicher Heftigkeit erfolgt, gleiche Böschungswinkel und Seiten auf.

---

¹) Princ. of. Geol. vol. I, p. 342, 11. Ed.

²) „Expériences sur la Sédimentation". Annales des Mines 1891 und Peterm. Mitt. Bd. 38. Littb. No. 453.

³) Einer Wassersäule von ca. 10 m entspricht bekanntlich eine Zunahme des Druckes von 1 Atmosphäre.

⁴) Dasselbe bestätigen auch unsere Beobachtungen in der Natur. Wir haben Schlammfurchen beobachtet, die bei einer so geringen Bewegung des Wassers zu stande kamen, dass man die Strömung desselben an der Oberfläche kaum bemerkte.

Konstante Ströme können ebenfalls Kräuselungsmarken bilden. Diese (Wasserdünen, Stromfurchen, nicht zu verwechseln mit den Stromrinnen) haben indessen auf beiden Seiten verschiedene Böschungswinkel, und zwar fällt der steilere und zugleich kürzere Abhang stets mit der Leeseite zusammen.

Die Richtung der Kräuselungen steht senkrecht zu der der Welle oder des Stromes, falls die Terrainverhältnisse nicht störend wirken. Ihre Länge nimmt nach obigen Ausführungen mit der Amplitude und Geschwindigkeit der Welle zu. Bei der ersten Entwickelungsphase der Kräuselungen käme sowohl die Geschwindigkeit, als auch die Amplitude, bei dem weiteren Aufbau derselben vor allem jene in Betracht. Ferner wäre ihre Länge direkt proportional der Korngrösse, dem spezifischen Gewichte des Sandes und der Geschwindigkeit der Bewegung, die um so geringer wird, je tiefer das Wasser ist. Das Gesetz von der Länge der Kräuselungsmarken bedarf indessen noch der Vervollständigung. Es gilt übrigens nur innerhalb bestimmter Grenzen, indem bei allzu heftiger Oscillation ebensowenig Wellenfurchen entstehen, als wenn die Bewegung an Stärke ein gewisses Minimum nicht mehr erreicht. Sowohl das Maximum, als auch das Minimum der zulässigen Bewegung ist von der Korngrösse und dem spezifischen Gewichte des Sandes abhängig. Die wenig mit einander übereinstimmenden Versuche, welche in dieser Beziehung angestellt wurden, gestatten es nicht, eine bestimmte Grenze zu ziehen, jenseits deren die Kräuselungsbildung unmöglich wäre.

Kräuselungsmarken in der Natur.

a) Marine und lacustrine Kräuselungsmarken.

1) Entstehung der Kräuselungsmarken.

Bisherige Anschauungen.

Die Ansichten über die Bildungsweise der Kräuselungsmarken in der Natur gehen ziemlich weit auseinander. Eine allgemein verbreitete Auffassung[1] war die, dass die Wellen ihre Form auf sandigem oder schlammigem Boden abdrücken. Forel, der selbst dieser Ansicht war[2], hat seinen Irrtum später mit den Worten „exemple des erreurs d'imagination d'un naturaliste" hinlänglich gekennzeichnet. Und in der That — es bedarf diese veraltete Anschauungsweise keiner ausführlicheren Widerlegung, da ihre Haltlosigkeit aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht. Zudem wäre eine derartige Annahme mit dem Wesen der Wellenbewegung niemals in Einklang zu bringen. Bei einer stehenden Welle, sollte man meinen, könnte man eher von einem Abdrucke sprechen, da die Lage der Knotenlinie stets dieselbe ist, während zu beiden Seiten derselben die Wassermassen sich abwechslungsweise heben und senken, so dass hier eine Depression im Sande erzeugt werden könnte. Der Umstand aber, dass die am Boden befindlichen Sandkörner hin- und herpendeln, und dass ferner die Länge einer Kräuselungsmarke nie der einer Welle entspricht, widerlegt auch diese Vermutung.

Lyell, der Begründer der modernen Geologie, widmet in seinem grundlegenden Werke „Elements of Geology"[3],

---

[1]) Forchhammer, Geogr. Studien am Meeresufer (Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1841, S. 7.)

[2]) Soc. Vaud. sc. nat., Séance du 16 Févr. 1870.

[3]) 6. Ed., London 1865, S. 19–21 u. A Man. of Elem. Geol. 3. Ed, S. 19–21.

den Kräuselungsmarken eine kurze Betrachtung. Er führt ihre Entstehung auf Ströme zurück und vermischt somit beide Arten von Kräuselungen.

J. Beete Jukes tritt in seinem Buche „Manual of Geology"[1]) der Auffassung, dass die Wellen ihre Form am Boden abdrücken, entgegen. Nach seiner Ansicht verdanken die Kräuselungsmarken ihre Entstehung den Gezeitenströmen. Diese würden, wie Beete Jukes ausführt, am Boden des Wasserbeckens dieselbe Wirkung hervorbringen, wie ein Luftstrom, der an der Oberfläche des Wassers Wellen erzeuge. De Candolle, der ebenfalls zu dieser Ansicht gelangte, bediente sich desselben Vergleiches, der nicht gerade ganz passend sein dürfte[2]). Dieser Auffassung von der Entstehung der Kräuselungsmarken darf jedoch keineswegs jede Giltigkeit abgesprochen werden. Sie wäre indessen ohne Zweifel anfechtbar, wenn man sie für alle Arten von Sandfurchen gelten liesse. Ströme können Kräuselungsmarken erzeugen, die sich allerdings durch ihre verschiedenen Seiten und Böschungswinkel von den regulären Wellenfurchen unterscheiden. Wir finden solche ungleichmässige Wasserdünen im Rinnsaal fliessender Gewässer; sie wären demnach in diesem Falle als fluviatile Bildungen anzusehen.

Es wäre aber auch denkbar, dass diese Erscheinung am Meeresboden angetroffen wird.

Die Meeresströmungen, auf welche Darwin[3]) die Bildung der Kräuselungsmarken zurückgeführt hat, kämen hier zunächst in Betracht. Die Theorie von Zöppritz über das Wesen und die Entstehung der grossen Meeresströmungen findet neuerdings immer mehr Anhänger. Kapitän Dinklage hat die Abhängigkeit der Ströme von den Winden zweifellos nachgewiesen. Die Untersuchungen, welche er in der

Meeresströmungen.

---

[1]) The Student's Manual of Geol. 3. Ed. 1872, S. 163 u. 164.

[2]) Seite 16.

[3]) Nature XXV, London 1882, On the geol. importance of the tides (S. 214) und Arch. d. sc. ph. et nat. Bd. X., S. 43 Anm.

Ostsee anstellte, bezogen sich zum Teil auf die Frage nach der Fortpflanzung der vom Winde erzeugten Oberflächentrift in grössere Tiefen[1]). Nach diesen Beobachtungen kann kein Zweifel mehr bestehen, dass der Wind Triftströme erzeugt, welche die tiefer gelegenen Schichten in Bewegung setzen. Aus den theoretischen Untersuchungen von Zöppritz[2]) geht ferner hervor, dass die Geschwindigkeit des Stromes an der Oberfläche am grössten ist, in der Tiefe abnimmt und am Boden ganz verschwindet. Demnach würde sich eine Bewegung am Boden des Meeres infolge der Oberflächentrift nicht mehr bemerkbar machen. Es würde daselbst kein Material transportiert, so dass die Meeresströmungen ohne Einfluss auf die Gestalt des Bodens wären, falls man von ihrer transportierenden Thätigkeit in den oberen Schichten absieht.[3])

In neuester Zeit hat man die Frage erörtert, auf welche Weise das an der Oberfläche hinweggeführte Wasser ersetzt wird. Versuche und Wahrnehmungen haben ergeben, dass die sogenannten Kompensationsströme diesen Ausgleich besorgen. Wie bereits erwähnt, hat Ekman eine stromaufwärts gerichtete Tiefenströmung an der Mündung des Göta-

---

[1]) Annalen der Hydr. Heft I 1888, cit. bei Krümmel.

[2]) Nach Krümmel lautet die Formel (Ozean. II, S. 344.)
$V_x = V_o \frac{p - x}{p}$, wobei p die ganze Wassertiefe, x den Abstand der betreffenden Wasserschicht von der Oberfläche bedeutet. Wenn $x = p$, so wird $V_x = V_o = O$.

[3]) Nach Weule wird in den oberen Schichten bloss Flusstrübe transportiert, die im Salzwasser sich verhältnismässig rasch niederschlägt; was die Wirkung der Meeresströmungen am Boden des Meeres anbelangt, so ist Pechuël-Lösche ebenfalls der Ansicht, dass dieselben für die Umlagerung des Materials an Flachküsten nicht in Betracht kommen (Globus L., S. 56), und Walther hebt hervor, dass sie in erster Linie Oberflächenströmungen sind, deren mechanische Leistungsfähigkeit auf dem Meeresgrund überaus geringfügig ist, obwohl „in der geologischen Literatur den Meeresströmungen in dieser Beziehung irrtümlich eine ganz hervorragende Rolle zugeschrieben wurde.“ (Einl. in die Geol. a. hist. Wiss., S. 79.)

flusses konstatiert, welche dem starken Kompensationsbedürfnis zu genügen suchte. Ebenso ist auch in den Meeren eine untere Strömung vorhanden: das wärmere Wasser wird durch die Passatwinde in höhere Breiten geführt, während das kältere vom Pol als untere Strömung in der entgegengesetzten Richtung abfliesst. Vielleicht wäre es möglich, dass diese kältere Strömung sich bis zum Boden des Meeres fortsetzt und hier einen noch merklichen Einfluss auszuüben vermag. Dies ist jedoch nicht der Fall; denn diese Strömung vollzieht sich nach Walther[1]) in so unmerklich langsamem Tempo, dass sie hier nicht in Betracht kommen kann, und zudem spricht die Thatsache, dass sich Kräuselungen nur auf Sandsteinen, nicht aber auf Kalk- und Thongesteinen vorfinden, nach Forel für den Umstand, dass die Wellenfurchen litorale Gebilde sind[2]). Und in der That, wie später darauf hingewiesen wird, finden sie sich vorzugsweise auf flachem Strande. Sie konnten wenigstens nur bis zu einer Tiefe von höchstens 200 m mit Sicherheit konstatiert werden. Deshalb kommen aber auch die tiefer gehenden Kompensationsströme jenseits der litoralen Zone bei der Bildung der Kräuselungsmarken nicht in Betracht, und innerhalb der litoralen Zone fehlen sie, da an den Flachküsten konstante Meeresströmungen nicht wahrzunehmen sind. Die Winde sind daselbst von verschiedener Richtung, so dass an permanente Strömungen nicht gedacht werden kann.

Auch die Gezeiten scheinen die konstanten Meeresströmungen am Strande zu beeinträchtigen[3]), so dass diese

---

[1]) Einleitung etc. S. 151.

[2]) „Les rides de fond, très fréquemment dessinées sur les grès et mollasses qui sont des formations littorales, manquent sur les marnes calcaires et argiles qui sont des formations profondes." „Ph. de la Harpe dit que les ripple-marks s'observent sur les grès et les marnes et pas sur les calcaires; cela prouverait qu'elles ne se forment qu'à une faible profondeur." Bull. de la Soc. Vaud. des sc. nat. Vol. XV, S. 68. Lausanne 1878.

[3]) Deutsche Rundschau für Geographie u. St., 12. Jahrg. 1890. S. 90.

für die Flachküsten überhaupt nicht in Betracht kommen. Nach v. Boguslawski[1]) wäre selbst der Floridastrom und „Coldwall" für die Umbildung der Unionsküste nicht in Rechnung zu ziehen, und nach Pechuël-Lösche wäre die Gestaltung der Benguelaküste nicht der Benguelaströmung, sondern der dortigen Brandung zuzuschreiben[2]). Sokolow ist der Ansicht, das Tiefenströmungen von einigermassen ansehnlicher Stärke und Geschwindigkeit zu den seichten Küsten nicht emporstiegen, und nach Cialdi und Delesse wären die Oberflächen-Strömungen an der Küste ohne jeglichen Einfluss auf die Bewegung des Sandes am Meeresgrunde, da sowohl ihre Geschwindigkeit, als auch ihre transportierende Kraft mit der Tiefe rasch abnehme. Weule und Philippson schreiben den zufälligen Windtriften, die sich bei dem Wechsel des Luftstromes nicht in grössere Tiefen fortpflanzen können, da die Tiefenschichten nach Zöppritz sehr langsam in Mitleidenschaft gezogen werden[3]), eine noch grössere Wirkung zu als den permanenten Meeresströmungen. Diese sollen sich übrigens stets jenseits der Hundertfadenlinie bewegen[4]), so dass sie auf die Flachküsten und ihre Gestaltung keinen Einfluss zu äussern vermögen. Permanente[5]) Meeresströmungen können uns demnach die Entstehung der Kräuselungen nicht erklären.

Gezeitenströme.

Andere Ströme, die eine diesbezügliche Würdigung verdienen, sind die Gezeitenströme. In neuester Zeit hat Krümmel[6]) den Einfluss derselben auf die Gestaltung des

---

[1]) Zeitschrift für wiss. Geographie, Bd. VIII, S. 253.

[2]) Globus XXXII, 1877, 119 f. 136 f. Globus L, 1886, 39 f. 55 f.

[3]) Walther: Einleitung etc. S. 79.

[4]) Weule „Beitr. zur Morphol. der Flachküsten," . Zeitsch. für wissensch. Geogr. Bd. VIII S 226–227.

[5]) Des nach der See zu gerichteten Unterstromes (Sogs), welcher auf den auflandigen Wind zurückzuführen ist, wird später gedacht werden.

[6]) Petermanns Mitt. Bd. 35, S. 129 ff.

Flachbodens[1]) hervorgehoben. Nach seinen Untersuchungen hat die Gezeitenwelle im wesentlichen dieselben Eigenschaften wie die Woge am flachen Strande. Die Orbitalbahnen der Wasserteilchen bilden bei jener sehr lang gestreckte Ellipsen, deren horizontale Achse die vertikale wohl mehrere hundertmal übertrifft. Dabei macht sich die Verschiebung der einzelnen Wasserteilchen bei der geringen Höhe der Wellen hauptsächlich in horizontaler Richtung als Strom bemerkbar, der eine nicht unbedeutende Intensität erreichen kann. Nach Weule[2]) beträgt z. B. die Geschwindigkeit der Gezeitenströme in der Nähe der Winyah-Bay in Südkarolina $2_{,8}$, resp. $3_{,4}$ Seemeilen pro Stunde. Krümmel gibt dieselbe im Bristolkanal zu 6, bei den Orkney- und Shetlandsinseln zu 8 bis 9, bei Hangtschou sogar zu $11^1/_2$ Knoten an. Diese Stromgeschwindigkeiten würden, auf die Zeiteinheit reduziert, die Werte $1_{,4}$, $1_{,7}$, 3, 4, $4_{,5}$ und $5_{,7}$ m pro Sekunde liefern.

Das arithmetische Mittel dieser Zahlen ist ungefähr so gross wie die Geschwindigkeit des Rheines bei Bingen ($3_{,42}$ m pro Sekunde)[3]). In der Nordsee beträgt die Geschwindigkeit der Gezeitenströme 2—3 Knoten (1—$1^1/_2$ m pro Sekunde).

Die Gezeitenströme wären demnach imstande, Sandmassen zu verschieben. Comoy[4]) hat die Abhängigkeit ihrer Geschwindigkeit von der Höhe der Flut, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben und der Tiefe des Wassers dargethan. Demnach verhält sich die Geschwindigkeit des Stromes (v) zu der der Welle (c), wie die Höhe (h) des Kammes über dem mittleren Niveau zur Tiefe des Beckens (p). Da die Länge der Gezeitenwelle an Flachküsten und in seichten Meeresteilen immerhin noch mehr beträgt wie die sechsfache

---

[1]) Führer für Forschungsreisende, S. 332.
[2]) Zeitschrift für wissenschaftliche Geogr., Bd. VIII. S. 238.
[3]) Nach Krümmel.
[4]) „Etude pratique sur les marées fluviatiles“, Paris 1881, S. 95.

Tiefe des Wassers, so gilt nach Hagen[1]) die Formel für die Wellen im seichten Wasser. Krümmel setzt die Lagrangesche Formel für die Geschwindigkeit der Welle $c = \sqrt{2pg}$ ein und erhält demnach $v = h\sqrt{\frac{2g}{p}}$. Diese Formel wird zur bequemeren logarithmischen Berechnung in die Formel $v = 6{,}08\,hp^{-1/2} = \left(\frac{6{,}08\,h}{\sqrt{p}}\right)$ übergeführt, wobei die Geschwindigkeit in Seemeilen pro Stunde ausgedrückt ist. In Petermanns Mitteilungen führt Krümmel die ganze Fluthöhe (H) ein, welche die Höhe der Welle über der mittleren Niveaufläche ums Doppelte übertrifft, woraus die abgerundete Formel hervorgeht $v = \frac{3\,H}{\sqrt{p}}$.

Diese Formel zeigt, dass mit der Höhe der Flut die Geschwindigkeit des Stromes wächst. Jene wird aber um ein Beträchtliches zunehmen, wenn sie durch seitliche Einengungen gewaltsam in die Höhe gepresst wird. Die Höhe der Flutwelle ist, wie Krümmel, sich auf die Untersuchungen Airys stützend, ausführt, indirekt proportional der Quadratwurzel aus der Breite und steht im umgekehrten Verhältnis zur vierten Wurzel aus der Wassertiefe.

Daraus folgt, dass die Intensität der Strömung in Wasserstrassen, überhaupt in engen und seichten Becken, sehr gross sein muss. Krümmel hat dies nachgewiesen, und es ergab sich, dass die Geschwindigkeit der Gezeitenströme so intensiv sein kann, dass ihnen Erosionserscheinungen zuzuschreiben sind. Die friesischen Inseln wären längst zu Nehrungen zusammengewachsen, wenn die Westwinde und die westliche Küstenströmung ganz allein wirksam wären. Der Flutstrom zwängt sich jedoch Tag für Tag

---

[1]) Ozeanogr. II, 29. Diese Formel $c = \sqrt{2pg}$ in die Formel $v : c = h : p \left(v = \frac{c\,.\,h}{p}\right)$ eingesetzt, ergibt $v = h\sqrt{\frac{2g}{p}}$.

zweimal durch die zwischen den Inseln gelegenen Strassen mit solcher Gewalt, dass er diese ausfegt und reinigt.

Ob der Ebbe- oder Flutstrom bei der Erosion mehr in Betracht kommt, hängt von der Geschwindigkeit der Ströme ab. Krümmel führt eine Reihe von Beispielen an, welche diese Thatsache näher beleuchten. Weule kam zu demselben Resultate, und da, wo sich Krümmels Theorie nicht bestätigt fand, waren andere lokale Umstände bei der Gestaltung der Küste in Betracht zu ziehen.

Es ist nun klar, dass die Gezeitenströme da, wo sie erodieren, keine Bodenrippungen bilden können, da ihre Geschwindigkeit zu gross ist.

Wie die Intensität dieser Ströme einerseits ein Maximum erreicht, so muss es andererseits auch ein Minimum geben. So beträgt nach Börgen[1]) die Strömung im offenen Meere bei einer Tiefe von 5000 m und einem Flutwechsel von 1,3 m circa 65 m pro Stunde. Die Formel $v = \frac{3H}{\sqrt{p}}$ kann hier nicht angewandt werden, da sie nur für geringere Tiefen brauchbar ist. Die Strömung in einer Tiefe von 5000 m ist offenbar so gering, dass auch hier keine Kräuselungen entstehen können. Krümmels Formel zeigt uns aber, dass wir für eine gewisse Fluthöhe und Wassertiefe brauchbare Werte erhalten, die den Anforderungen genügen, welche bei der Bildung von Kräuselungsmarken bezüglich der Stromstärke in Betracht kommen[2]). Dabei ist wohl zu

---

[1]) Annalen der Hydr. 1880, S. 9 cit. b. Krümmel.

[2]) Penck schreibt: „Die Gezeiten werden zweifellos für die Ausgestaltung des Meeresbodens bedeutsam, da sie nicht bloss oberflächlich, sondern auch, wenngleich mit abgeschwächter Geschwindigkeit, am Boden stattfinden. Selbst am Boden eines einige Hundert Meter tiefen Meeres dürften Gezeitenströmungen fühlbar sein, welche Schlammteilchen verfrachten können. Die Gezeiten beeinflussen daher die Ablagerungen von Sedimenten noch in weit grösseren Tiefen als die Wellenbewegung. Auf diese Weise dürfte voraussichtlich eine sanfte Wellung des Meeresbodens selbst in Tiefen von einigen Hundert Metern

berücksichtigen, dass mit zunehmender Tiefe die Geschwindigkeit der Gezeitenströme einen erheblichen Bruchteil von der Bewegungsenergie des Oberflächenstromes einbüsst. Daraus folgt, dass die Gezeitenströme Kräuselungsmarken mit verschiedenen Seiten und Böschungswinkeln — die Halbperiode der Oscillation dauert ca. 6 Stunden — erzeugen können. Die durch Ebbe und Flut entstandenen Kräuselungen müssen sich mit der Richtung des Flut-, resp. Ebbestromes rasch verändern, da ja, was die besprochenen Experimente beweisen, die Kräuselungen bei jeder Halbperiode der Schwingung die flache Luv- mit der steileren Leeseite vertauschen. Während der Flut ist ihre steilere Seite stets dem Festlande zugekehrt, während der Ebbe ist sie seewärts gerichtet.

Die Gezeitenströme können uns jedoch die Entstehung regelmässiger Kräuselungen nicht erklären, und zudem weist de Candolle darauf hin, dass Sandfurchen vorkommen, wo weder Gezeiten[1]) noch Strömungen zu bemerken sind. Vollständig symmetrische Rippungen sind in Seen oft genug konstatiert worden. Forel nahm im Jahre 1869 von einer Kräuselungsmarke einen Abdruck, der sich jetzt im geologischen Museum zu Lausanne befindet. Das Modell, welches uns ein negatives Bild einer in der Natur gebildeten Wellenfurche repräsentiert, zeigt die vollkommenste Regelmässigkeit, indem sowohl die Seiten, als auch die Winkel einander gleich sind. Deswegen sind aber nicht alle Kräuselungen, welche sich in Binnenseen vorfinden, symmetrisch.

So bemerkt Forel, dass man auch in Seen dünenartige Gebilde beobachten könne: „Le fait s'explique facilement par l'intervention d'un courant continu, qui, s'emparant des rides précédemment modelées par les vagues, les transforme en dunes, en entraînant le sable dans une direc-

---

und zwar auch im offenen Meere geschaffen werden, wo, wie Buchanan zeigte, Gezeitenströmungen nachweisbar sind" (Morph. der Erdoberfläche von Penck, II. T. S. 494—495).

[1]) In Binnenseen.

tion constante. Grâce à la combinaison des courants et des vagues, on peut comprendre qu'il y ait dans une eau dormante, comme un lac ou une mer, tous les intermédiaires possibles entre les dunes et les rides."

Bei der Entstehung vollständig regelmässiger Kräuselungsmarken können permanente Ströme nicht in Betracht kommen. Der französische Brückeningenieur Siau[1]), welcher bei St. Giles auf der Insel Bourbon (nicht im Atl. Ozean, wie Forel Arch. d. sc. Bd. X, § 63 bemerkt) Kräuselungsmarken beobachtet und deren Tiefe unterhalb des Wasserspiegels bestimmt hat, führt ihre Entstehung auf den Wellenschlag zurück. Er führt aus, dass, sobald der Wellenschlag abnehme, zunächst die grösseren Körner zur Ablagerung gelangten, während die kleineren sich noch hin- und herbewegten und von der Welle emporgehoben würden. Nach seiner Ansicht würden schliesslich die feineren Sandkörner von der Woge auf die Kämme der Undulationen geschoben, da sie ihr noch zu folgen vermöchten, während die gröberen im Thale bloss gelegt würden.[2]) Mit Recht macht Krümmel[3]) darauf aufmerksam, dass es auf diesem Wege niemals zur Bildung von Kräuselungsmarken kommen kann; denn sobald sich die Welle legt, lagern sich die grösseren Körner ab, dann die kleineren und zwar nicht nur an bestimmten Stellen, sondern allerorts, da sich die ganze Wassermasse in Bewegung befindet. Somit werden sich die gröberen Körner, die von den kleineren, bedeckt werden, über den Boden gleichmässig verbreiten.

Wollen wir die Entstehung der regulären Kräuselungsmarken überhaupt auf die Wogen zurückführen, so müssen

---

[1]) Comptes Rendus, tome XII, p. 775.

[2]) „Alors s'est fait un triage, une espèce de départ: les matières légères se sont séparées, ont continué d'avancer par ondulations, comme cela a toujours lieu; le flot agissant au fond du creux pour les porter au sommet, et laissant à nu les corps les plus pesants."

[3]) Oceanogr. II, S. 33/34.

wir zunächst, im Anschluss an die Experimente, von stehenden Wellen oder wechselnden Strömungen ausgehen.

Stehende Wellen.

Stehende Wellen sind allerdings in der Natur schon beobachtet worden. Forel, der dieses Phänomen im Genfer See eingehend studierte, legte ihm bekanntlich den Namen „Seiches" bei. Krümmel führt uns in seiner Oceanographie eine Reihe von Bewegungserscheinungen vor, welche auf stehende Wellen zurückzuführen sind. So hat Aimé[1]) stehende Schwingungen im Hafen von Algier bemerkt, und ebenso sind seichesartige Erscheinungen in den nordspanischen Häfen[2]) konstatiert worden. Krümmel belegt die Thatsache, dass derartige Schwingungen in der Natur vorkommen können, mit weiteren Beispielen. In neuester Zeit hat Burton[3]) auf Grund einer derartigen Erscheinung die Tiefe des Hakone-Sees mit Hilfe der Forelschen[4]) Formel zu berechnen versucht. Diese in der Natur beobachtete Bewegungsart ist indessen rein lokaler Natur und dürfte nur in Meeresengen, Häfen und Binnenseen vorkommen. Dass jedoch ganze Meere in solche uninodalen Schwingungen geraten sollen, ist kaum anzunehmen.

Nach Forel war die Bewegung der Sandkörner am Boden des Genfer Sees (es empfahl sich, den Spiegel des Wassers durch Oel zu glätten, um den Vorgang besser beobachten zu können) von derselben Art wie die in der Wellenrinne. „Ce mouvement de balancement pendulaire de l'eau au-dessous des vagues superficielles d'oscillation progressive, ressemble en plus d'un point à celui que subit le liquide dans un bassin, où il balance suivant une oscillation fixe uninodale (balancement simple de l'eau dans une cuvette)."

---

[1]) Ann. de chim. et de phys. 1842, V, 423.

[2]) Annal. d. Hydr. 1875, S. 161 f. cit. b. Krümmel.

[3]) Transact. Seismol. Soc. of Japan 1892, Bd. XVI, 49, Peterm. Mitt. Bd. 39. Litt. 198.

[4]) Arch. Bd. LVII, 278, Genève 1876.

Er schloss daher[1]), dass die Fortpflanzungswogen am Boden des Meeres eine Modifikation erlitten, so dass ihre Bewegung im grossen und ganzen der der stehenden Welle gleiche; Hunt[2]) schliesst sich der Ansicht Forels an, indem er sich auf die Untersuchungen Lord Rayleighs stützt. Wellen auf flachem Strande.

Es ist jedoch schwer einzusehen, wie Fortpflanzungswogen auf flachem Strande sich in stehende Wellen verwandeln sollen. Wenn eine Woge am flachen Ufer aufläuft, so wird sie allerdings in ihrer freien Entwickelung gehemmt; ihre Höhe nimmt zu, da die Wasserfäden sich nicht mehr nach abwärts verschieben können und demgemäss nach der freien Oberfläche ausweichen müssen.

Bei der symmetrischen Wellenbildung ist es absolut erforderlich, dass jeder Wasserfaden nach einer vollen Wellenperiode in seine frühere Lage zurückkehren kann.

Wird die Wassertiefe kleiner als die ganze Wellenhöhe,[3]) so kann diese Bedingung nicht mehr erfüllt werden. Der nachfolgende Wellenkamm findet nicht mehr die genügende Wassermasse vor, um seine vordere Böschung auszubilden, so dass diese sich steiler gestaltet, bis endlich der Kamm der Welle überkippt. Auf diese Weise kommt es zur Brandung, aber nie zu stehenden Wellen. Krümmel schreibt daher: „Am Strande werden sich im günstigen Falle stehende Wellen nur da einstellen können, wo Wellen reflektiert werden. Das ist aber nur möglich an sehr steilen Uferböschungen, wie sie nur Hafenbassins bei überall gleichmässiger Wassertiefe und Sandgrund zeigen. Aber aus den Beobachtungen von Hunt an der offenen englischen Küste, wie aus meinen eigenen am Kieler Hafen, beide stets an ganz flach ein-

---

[1]) „Il (Hunt) a reconnu, comme moi, que les rides sont causées par le balancement alternatif de l'eau, balancement, qui n'est qu'une modification dans la profondeur du mouvement superficiel plus compliqué des vagues d'oscillation progressive."

[2]) Proceed. etc. Bd. 34, S 2 u. 3.

[3]) Die Untersuchungen Rayleighs und Hagens beweisen dies.

schliessendem Sandstrand angestellt, ergab sich vollkommen übereinstimmend, dass weder von reflektierten Wellen, noch sonst von stehenden Schwingungen hier die Rede sein kann. Damit verbietet sich denn auch die Anwendung jener Experimente zur Erklärung der Wellenfurche im Strandgebiet."

Es mag daher am Platze sein, zu untersuchen, wie die Woge überhaupt auf flachem Boden ihre Wirkung äussert. Die Bewegung der Welle im seichten Wasser ist ziemlich komplizierter Art. Die Ansichten der Forscher gehen daher weit auseinander, und die Theorie stimmt nicht immer mit den in der Natur angestellten Wahrnehmungen überein.[1])

Airy tritt mit den Gebrüdern Weber, mit Russel und Hagen sogar in schroffen Gegensatz. Nach Airy würden nämlich die Orbitalbahnen der unter einander befindlichen Wasserteilchen nicht in derselben Zeit durchlaufen, was gegen die Kontinuitätsbedingung, die in der Natur stets erfüllt wird, streitet. Es müsste — es ist dies eine Folgerung aus den Airyschen Formeln — die Welle, da die einzelnen Wasserteilchen ihre Orbitalbahnen in verschiedenen Zeiten zurücklegen, sich selbst vernichten, ein Umstand, der dem thatsächlichen Vorgang widerspricht. Die Kontinuitätsbedingung wird indessen auch in der Theorie gebührend berücksichtigt von den Gebr. Weber, Russel und Hagen.

Aus ihren Experimenten geht hervor, dass die Wellen in flachem Wasser in allen Tiefen gleichmässig weiterschreiten. In den der Oberfläche benachbarten Schichten, wo die Reibung am Boden keinen Einfluss ausübt, sind die Orbitalbahnen nahezu kreisförmig. Der vertikale Durchmesser wird mit zunehmender Tiefe kleiner, während der horizontale Diameter nach Hagen in allen Schichten nahezu derselbe bleibt, nach den Gebrüdern Weber dagegen anfangs ab-, am Boden aber wieder etwas zunimmt. In grösseren Entfernungen von der Oberfläche beschreiben demnach

[1]) Was die bei Krümmel Ozeanogr. II. Bd., S. 28 angeführte Tabelle beweist.

die Wasserteilchen Ellipsen, deren Längsachse mit der Horizontalen, deren Querachse mit der Vertikalen zusammenfällt. Diese Ellipsen verflachen sich mit zunehmender Tiefe, um schliesslich am Boden der Wellenrinne in eine Gerade überzugehen. Somit wäre die Bewegung der Fortpflanzungswogen am Boden der Rinne dieselbe wie bei den stehenden Wellen. Sobald nämlich die vertikale Achse der Orbitalellipsen sich auf Null reduziert und nur noch die horizontale Bewegung in Betracht kommt, müssen sich ebenso wie bei den uninodalen Schwingungen alternierende Strömungen geltend machen, die imstande sind, Kräuselungen zu erzeugen.

Ob die in der Wellenrinne konstatierten Thatsachen mit denen in der Natur übereinstimmen, muss bezweifelt werden. Dort muss der vertikale Durchmesser der Ellipse allmählich verschwinden, da der Boden starr und unnachgiebig ist. Ausserdem machen die sich daselbst horizontal bewegenden Wasserteilchen ihren Einfluss zum mindesten in den unteren Schichten, wo sich die Bildung der Kräuselungsmarken vollzieht, geltend, so dass die Bewegung der untersten Wasserschichten in der Wellenrinne der in der Natur nicht ganz entspricht; der Boden des Meeres ist ja keineswegs so starr wie in der Wellenrinne,[1]) und es brauchen sich deshalb dort keine regelmässigen Ströme von wechselnder Richtung zu bilden, sondern die Welle wird ihre ellipsenartigen, allerdings sehr flachen Orbitalbahnen noch beibehalten. Bei den Gezeitenströmen kann die vertikale Achse recht wohl vernachlässigt werden, da sie nur einen sehr kleinen Bruchteil der horizontalen bildet.

Wenn auch der Boden des Meeres ziemlich nachgiebig gedacht werden muss, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass er der freien Entfaltung der Welle hinderlicher ist als eine Wasserschicht, die zwar ebensowenig, ja sogar noch weniger zusammengedrückt werden kann, die aber für die

---

[1]) Oceanogr. II, S. 33.

Fortpflanzung der freien Bewegung der Wasserteilchen in grössere Tiefen insofern geeigneter erscheint, als sie imstande ist, den vertikalen Stoss derselben aufzunehmen und fortzuleiten. In tiefem Wasser wird also die Vertikalachse der Orbitalbahnen eher beibehalten, da der senkrechte Stoss von den tieferen Wasserschichten leichter aufgenommen wird, die dann ebenfalls aus ihrer Ruhelage geraten und die pendelnde Bewegung mitzumachen streben. Der Meeresboden dagegen kann zwar dem vertikalen Stosse der Wasserteilchen etwas ausweichen, aber er wird doch kaum imstande sein, den ganzen Stoss aufzunehmen und fortzupflanzen, wie dies bei einer Wasserschicht der Fall ist. Daher wird im seichten Wasser die vertikalwirkende Kraft viel rascher aufgehoben als die horizontale.

Es wäre somit der Vorgang in der Natur ein ähnlicher wie der in der Wellenrinne. Die vertikale Achse der Orbitalellipsen wird am Boden des Meeres ziemlich gering werden, während sie sich in der Rinne wegen des starren Untergrundes auf Null reduziert. Demnach haben die Wasserteilchen am Boden seichter Meere im allgemeinen mehr das Bestreben hin- und herzupendeln als sich nach auf- und abwärts zu bewegen. Diese Tendenz dürfte bei der Bildung der Kräuselungsmarken in Frage kommen. Nach Darwin spielen ausser dieser horizontalen Bewegungsart der Wasserteilchen die Wirbel bei dem Aufbau der Kräuselungen eine bedeutende Rolle. Es ist nun nicht recht einzusehen, wie die Wirbel auf flachem Meeresgrunde entstehen, wenn wir bedenken, dass den Wasserteilchen ausser der horizontalen noch eine vertikale, wenn auch sehr kleine Bewegung innewohnt, so dass die Sandkörnchen die Neigung haben, sich vom Boden des Meeres zu entfernen.[1]) Bei diesem Bestreben werden sie über kleinere Unebenheiten leicht hinweggehoben, so dass diese sich nicht vergrössern, und somit können auch

---

[1]) Nach Krümmel wird zudem durch die vertikal wirkende verkleinerte Kraft der Welle der Boden etwas aufgewühlt.

die Wirbel nicht in Kraft treten. In der Wellenrinne wandern die Sandteilchen am Boden horizontal hin und her, bis sie an gegebenen Hindernissen haften bleiben und kleinere Sandanhäufungen verursachen, die ihrerseits wieder zur Entfaltung der Wirbel beitragen.

Seewinde. Krümmel hat nun die Erfahrung gemacht, dass sich frische Kräuselungsmarken nur nach auflandigem Winde im Kieler Hafen bildeten, und aus den Beobachtungen Hunts schliesst er auf dieselbe Thatsache. Dieser ist allerdings der Ansicht,[1] dass die Richtung der Kräuselungsmarken nichts zu thun habe mit der des Windes. Er glaubte zu diesem Schlusse berechtigt zu sein, da er Wellenfurchen von verschiedener Richtung in der Torbay-Bucht beobachtet hat. Der unregelmässige Verlauf der Kräuselungen ist aber kein Beweis dafür, dass der Wind ohne Einfluss ist auf ihre Richtung; Hunts Beobachtungen bekunden vielmehr, dass ausser dem Winde und der von ihm abhängigen Welle noch andere Faktoren — wie später ausgeführt wird — für die Anordnung der Kräuselungsmarken massgebend sind.

Der Sogstrom. Krümmel versichert also, dass er frische und schöne Kräuselungsmarken stets nach auflandigem Winde bemerkt habe. Deshalb führt er ihre Entstehung auf den Wellenschlag zurück, der im Vereine mit dem Sogstrome eine ähnliche Erscheinung zustande bringe, wie die Brandung, welche die Riffbildung an sandigen Küsten bewerkstelligt. Der Sogstrom (von Saugen abgeleitet) ist auf den Ueberdruck des Wassers zurückzuführen. Sobald der Wind über ein Wasserbecken streicht, wird er an der Leeseite Wassermassen anhäufen, während an der Luvseite eine Depression unter dem Niveau der Ruhelage gebildet wird. Von Colding und Ferrel wurden die dabei in Betracht kommenden Gesetze erforscht, und es ergab sich, dass der Staueffekt im umgekehrten Verhältnisse steht zur Tiefe des Beckens, dagegen direkt proportional ist der Länge dessel-

[1]) Proc., Bd. XXXIV, S. 6 u. 7.

ben, dem Quadrate der Windgeschwindigkeit und dem Cosinus des Winkels, den die Windrichtung mit dem Niveau des Beckens einschliesst.

Um die Niveaudifferenz auf der Luv- und Leeseite auszugleichen, sucht das Wasser von dieser nach jener abzufliessen. Es bildet nämlich, da es auf der Leeseite über dem mittleren Niveau der Ruhelage aufgestaut wird, keine horizontale Fläche mehr, sondern eine schwach geneigte schiefe Ebene, auf der die Wasserteilchen, dem Gesetze der Schwere folgend, herabrollen wollen. An der Oberfläche des Bassins begegnen sie aber einem bedeutenden Widerstande, dem Winde, der leewärts gerichtet ist, weshalb sie vorzugsweise am Boden des Bassins der Luvseite zufliessen. So entsteht ein nach der See gerichteter Unterstrom. Derselbe soll sich nach Krümmel in der Ostsee derart bemerkbar machen, dass er beim Baden die Füsse seewärts zu ziehen vermag, und Forel behauptet, dass er kräftig genug wäre, um die Netze der Fischer zu verwirren und zu zerreissen.[1])

Krümmel gibt eine Reihe von Beispielen, die den Beweis für die Brauchbarkeit der Coldingschen[2]) Formel $h = 0{,}000001526 \frac{l}{p} w^2 \cos \alpha$ liefern.

Der Sog macht sich fast in allen Meeren bemerkbar, was durch den Verlauf der Tiefenisothermen festgestellt werden konnte. An den Leeküsten fliesst nämlich der warme Oberflächenstrom abwärts, während das kalte Auftriebwasser an den Luvküsten in die Höhe steigt.[3]) Die Temperatur-

[1]) Arch. d. Sc. phys. et nat. Bd. XV, S. 409.

[2]) h = Diff. zwischen dem Wasserstand auf der Lee- und dem auf der Luvseite, l = Länge des Bassins, p = Tiefe des Wassers, w = Windgeschw., α = Winkel, den die Richtung des Windes mit der Oberfläche des Wassers einschliesst.

[3]) Der erste, welcher diesen Vorgang erwähnt, war Dinklage, dem nach Supan das Prioritätsrecht zuzuerkennen ist, da er in der Zeitschrift „Hansa" 1875, S. 57 dieser Thatsache gedenkt, also bereits vor Toynbee (1882) und Witte (1878), die beide vorübergehend für die Entdecker des Auftriebwassers (Ann. d. Hydr. 1887, S. 25), gehalten wurden. S. Peterm. Mitt. 1891, S. 215 und 293.

verhältnisse der Wasserschichten in verschiedenen Tiefen lassen diesen Schluss zu, und Krümmel[1]) führt eine Reihe von Beobachtungen an, die diese Thatsache näher beleuchten, während Puff in neuester Zeit das Auftriebwasser an der Ostseite des nordatlantischen und an der Westseite des nordindischen Oceans untersucht hat.[2]) Dass der Sogstrom sich auch in kleineren Becken bilden kann, beweisen die Beobachtungen Forels[3]), welche er an einem kleinen Moränensee im Saasthale anstellte.

Die Erscheinung des luvwärts gerichteten Unterstroms oder Sogs scheint demnach eine ziemlich allgemein verbreitete Thatsache zu sein, die bei auflandigem Winde im Meere, in Binnenseen bei jeder Richtung des Windes zu Tage tritt.

Bildung der Riffe.

Ein dem Sog vergleichbarer Unterstrom kommt auch bei der Brandung zur Geltung.[4]) Dieser ist für die Gestaltung des Flachbodens von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Hagen, Krümmel[5]) und Ackermann[6]) schreiben ihm im Verein mit der nachfolgenden Brandungswoge die Entstehung der Sandriffe oder Schaare zu. Da, wo jener Unterstrom der vorhergehenden Welle mit der nachfolgenden zusammentrifft, tritt relative Ruhe ein, so dass das mitgeführte Material daselbst zur Ablagerung gelangt. „Diese Ablagerungen sind freilich bei jedem Winde andere. Da aber an jeder Küste eine bestimmte Windrichtung die vorherrschende ist, so bilden sich Reihen von Sandriffen aus, die unter einander und gewöhnlich mit dem Ufer parallel verlaufen und durch tiefe Wasserrinnen von einander getrennt sind.“

Entstehung der symmetrischen Kräuselungsmarken.

Eine ähnliche Erscheinung mag die der symmetrischen

---

[1]) Oceanogr. II, S. 307—320.
[2]) Pet. Mitt. Bd. 37 Littb. Nr. 1882.
[3]) Arch. d. sc. ph. et nat. 3 pér., Bd. XII, S. 489 f.
[4]) v. Richthofen. Führer f. Forsch. S. 344.
[5]) Oceanogr. II. Bd., S. 106 u. 107.
[6]) Phys. Geogr. d. Ostsee, S. 43. cit. bei Weule, Zeitschr. f. wiss. Geogr., 8. Bd., S. 230.

Kräuselungsmarken sein. Dem Soge nämlich, der durch Stauung der Wassermassen infolge des auflandigen Windes erzeugt wird und der sich nach Krümmel als langsamer, seewärts gerichteter Strom geltend macht, ist wohl im Vereine mit der Welle die Entstehung der Bodenrippungen zuzuschreiben.

Dieser am Boden seewärts dahingleitende Strom wird durch die Orbitalbewegung der Wasserteilchen bald verstärkt, bald gänzlich aufgehoben und zur Umkehr gezwungen. Die vorzugsweise horizontale Bewegung der Wasserteilchen ist nämlich eine wechselnde und zwar derart, dass diese in und unter dem Wellenkamme dem Soge entgegeneilen, in und unter dem Wellenthale dagegen in derselben Richtung ziehen. Bald wird der Sog im Vereine mit der im Thale seewärts gerichteten Bewegung des Wassers die Sandkörnchen in dieser Richtung fortzureissen suchen, bald wird er von der heftigeren Bewegung der unter dem Kamme befindlichen Wasserteilchen zum Stillstand, sogar zur Rückkehr gezwungen. Demgemäss wird, wie bei der Riffbildung eine Pause relativer Ruhe eintritt, hier eine örtliche Aufstauung der Sandkörner stattfinden. Sobald aber eine Sandanhäufung entstanden ist, können sich Wirbel bilden, die abwechselnd, wie Darwin zeigte, an dem Aufbau der Wellenfurche sich beteiligen. Auf diese Weise entstehen Wellenfurchen, die im allgemeinen parallel zur Küste verlaufen.

Es hat nun den Anschein, als ob diese Theorie von der Entstehung der Kräuselungsmarken, wie sie Krümmel[1]) vertritt, nicht imstande wäre, die Regelmässigkeit derselben zu erklären. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Wellenfurchen konstatiert wurden, welche sich durch die vollkommenste Symmetrie auszeichneten.[2])

Diese Bedingung wäre — oberflächlich betrachtet —

---

[1]) Ozeanogr. II. Bd., S. 323 f.
[2]) Mit gleichen Seiten und Winkeln.

nicht vollständig erfüllt; denn die bald in diesem, bald in jenem Sinne wirkende Kraft ist in beiden Fällen nicht gleich. Sobald sie seewärts gerichtet ist, ist ihre Intensität gleich der Summe der Geschwindigkeit der Orbitalbewegung und der des Soges; sobald sie ihre Richtung ändert, wird sie gleich der Differenz dieser beiden Grössen. Trotzdem müssen regelmässige Kräuselungen entstehen. Die Geschwindigkeit des Sogs beträgt nämlich nur einen Bruchteil von der der Wasserteilchen, so dass die Summe und Differenz nicht sehr verschieden sind. Zudem kommen beide nur im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung in Betracht. Es muss darauf hingewiesen werden, dass zunächst der auflandige Wind nachlässt und mit diesem Windstau und Sog, während die Wellenbewegung noch eine Zeit lang fortdauert. Sollten die bis zum Abflauen des Windes entstandenen Kräuselungen nicht vollständig regelmässig sein, so würden sie eine symmetrische Gestalt dennoch erhalten infolge der Wellenbewegung, die sich in der Nähe des Bodens vorzugsweise als horizontale Verschiebung der Wasserteilchen geltend macht, als eine Bewegungsart, welche, nachdem einmal Kräuselungen entstanden sind, Wirbel erzeugt, die abwechselungsweise von gleicher Intensität sein müssen. Somit erklärt obige Theorie die Regelmässigkeit[1]) der Wellenfurchen.

2) Richtung der Kräuselungsmarken.

Nach Krümmel wären die Kräuselungsmarken im allgemeinen einander parallel. Diese Annahme widerspricht jedoch den Beobachtungen Hunts, der an der Küste von England (in der Torbay-Bucht) Wellenfurchen, welche die verschiedensten Richtungen hatten, konstatiert hat. **Regel und Ausnahmen.**

---

[1]) Auch ursprünglich unregelmässige Kräuselungsmarken, die auf die Gezeiten zurückzuführen wären, können durch die Wellen, was aus der bisherigen Betrachtung hervorgeht, in symmetrische Gebilde verwandelt werden. Auf diese Weise kann allerdings die Entstehung der symmetrischen Kräuselungsmarken an der Küste gezeitenloser Meere nicht gedeutet werden.

Forel führt aus, dass die Kräuselungen sich im allgemeinen parallel zu den Kämmen der Wellen ablagerten; doch gibt er auch zu, dass Ausnahmen vorkämen. Besonders seien diese in der Nähe der Küste ziemlich häufig. So beobachtete er Wellenfurchen, die mit der Richtung der Welle und der des Windes nichts zu thun hatten. Sobald sich in einer Bucht bei heftigem Wellenschlag grosse Kräuselungen gebildet haben, können sie unter Umständen ihre Lage und Gestalt beibehalten, obgleich der Wind seine Richtung geändert hat. So konstatierte Forel Kräuselungsmarken,[1] die vom 18. Januar bis 25. April 1883 dieselben blieben, wiewohl die Winde, in Bezug auf ihre Heftigkeit und Richtung, unterdessen sehr verschieden waren.[2]) Am 23. Juni 1883 waren die Kräuselungsmarken schliesslich verschwunden, da stärkere Stürme den Boden aufgewühlt und dieselben zerstört hatten.

Horizontale Gliederung des Wasserbeckens.

Diese Beobachtungen Forels erklären uns zum Teile die Thatsache, dass die Wellenfurchen nicht parallel zu sein brauchen. Wenn der Wind beispielsweise gewisse Teile einer stark gegliederten Bucht bestreicht, während andere im Windschatten gelegene Partien von ihm nicht berührt werden, so können sich nur dort Kräuselungen bilden; ihre Richtung wird der des Windes und der der Welle entsprechen. Wechselt der Wind, so werden die bereits gebildeten Bodenrippungen unter Umständen unverändert bleiben, während in den vorher im Windschatten gelegenen, jetzt aber vom Winde bestrichenen Teilen der Bucht neue Kräuselungen entstehen, deren Richtung eine andere ist als die der ursprünglichen. Diese Thatsache kommt insbesondere

[1]) Arch. d. Sc. phys. et nat., Bd. X, S. 67 f. — Forel erzählt sogar, dass er dieselben Kräuselungen in der Nähe von Morges 24 Jahre lang beobachtet habe. (Bull. de la Soc. Vaud. des Sciences nat., vol. XV, Lausanne 1878, S. 77.)

[2]) Diese Thatsache lässt sich ganz einfach auf Grund des S. 33 beschriebenen Experimentes erklären.

bei Buchten vor, die stark gegliedert sind, was bei der Torbay-Bucht der Fall ist.

Die verschiedene Richtung der Kräuselungen kann ferner auf die ungleiche Korngrösse des Sandes zurückgeführt werden. Im allgemeinen finden sich grobe und feine Körner in ein und derselben Wellenfurche vor, indem jene vorzugsweise unten, diese dagegen oben zur Ablagerung gelangen. Es können sich aber auch da, wo feiner Sand den Boden bedeckt, unter gewissen Bedingungen Kräuselungsmarken bilden, die nicht parallel zu sein brauchen denen, die aus grobkörnigem Material bestehen, da beide nicht immer demselben Winde ihre Entstehung zu verdanken haben. Diese wurden dann bei so kräftigem Wellenschlag gebildet, dass sich die kleineren Sandkörner überhaupt nicht abzulagern vermochten. Letztere werden zuerst zur Ruhe gelangen, wenn die Intensität der Welle nachgelassen hat. Sie bilden dann zunächst kleinere Wellenfurchen, die den grösseren parallel sind. Durch schwächere Wogen können sie später wieder zerstört und von neuem abgelagert werden, während dieselben Wellen nicht immer imstande sind, auch die grösseren umzugestalten. Daher kommt es auch, dass öfters zwei Systeme von Kräuselungsmarken beobachtet wurden, die übereinander gelagert waren, indem die kleineren, aus feineren Körnchen gebildeten, die grösseren kreuzten.[1] In einer Bucht kann der Wind, wenngleich er aus verschiedener Richtung weht, ein auflandiger sein. Diese Thatsache erklärt uns das Vorhandensein zweier Systeme von Bodenrippungen, die senkrecht oder schräg zu einander stehen. **Korngrösse des Sandes.**

Dass die Kräuselungen keineswegs parallel zu sein brauchen, hat auch de Candolle erkannt. Er erklärt die **Fortpflanzung der Wellenform.**

[1]) Forel, Arch. Bd. X, S. 71/72; Hunt, Proc. Bd. XXXIV, S. 6 und 7; Lyell „Elements of Geology", 6. Ed. London, 1865, S. 19—21 u. A Man. of Geol. 3 Ed., 19—21.

Beobachtungen Hunts, indem er darauf hinweist, dass die Welle, welche vom Winde erzeugt wird, sich nach allen Seiten ihrer Form nach fortpflanzt, so dass ihr Kamm nicht unbedingt senkrecht zur Richtung des Windes zu stehen braucht. Besonders trifft dies für Wellen zu, die auf Winde zurückzuführen sind, welche weit von der Küste auftreten. „Ainsi[1]) s'expliquent les faits observés soit par M. Forel dans le Lac Léman, soit par M. Hunt sur les côtes d' Angleterre".

Vertikale Gliederung des Wasserbeckens.

Die horizontale Gliederung der Küste vermag, wie erwähnt, die Richtung der Wellenfurchen zu beeinflussen. Die vertikale Gestaltung des Strandes kommt dabei ebenfalls in Betracht, da sie die regelmässige Fortpflanzung der Welle beeinträchtigt. De Candolle[2]) weist darauf hin, dass sich im Experimente die Kräuselungen weniger regelmässig gestalteten, sobald er sie auf geneigtem Boden erzeugte.

Und in der That, die Wellen werden abgelenkt, sobald sie nicht senkrecht, sondern schief zum flachen Strande gerichtet sind. Ihre Geschwindigkeit ist nämlich proportional der Quadratwurzel aus der Tiefe. Der Kamm einer schief auflaufenden Welle wird daher in der Nähe des Ufers eine Verzögerung erleiden und zurückgehalten werden, während der seewärts gerichtete Teil desselben vorauszueilen strebt. Am Flachstrande werden die Wellenkämme daher fast parallel zur Küste, so dass ihre Bewegung nahezu senkrecht zur Uferlinie gerichtet ist.[3]) Dies trifft umsomehr zu, je flacher der Strand ist. Buchten, deren Böschung nach verschiedenen Seiten abfällt, werden daher nicht immer parallele Kräuselungen aufzuweisen haben, obwohl diese eventuell

---

[1]) Arch. d. Sc. ph. et nat. Bd. IX, S 269.
[2]) Arch. etc. Bd. IX, S. 252.
[3]) Oceanogr. II, S. 86.

durch denselben Wind und dieselben Wogen gebildet wurden[1].)

Ebenso sind Hindernisse am Boden, Erhebungen, beispielsweise Steine, imstande, die Richtung der Kräuselungsmarken zu verändern, so dass es sogar möglich ist, dass auf einem verhältnismässig kleinen Raume sich Wellenfurchen bilden, die nach allen Seiten laufen[2]). Forel gibt uns ein Bild[3]) einer derartigen Erscheinung, die er bei Ouchy zu beobachten Gelegenheit hatte. Es lässt sich nach Forels Zeichnung die allgemeine Richtung der Wogen feststellen, da die meisten Kräuselungen einander parallel sind; in der Nähe der Steine sind sie allerdings sehr unregelmässig, was vielleicht als Interferenzerscheinung aufzufassen ist.

Dass die Bodenform und die lokalen Verhältnisse einen nicht zu unterschätzenden Einfluss äussern auf die Ablagerung der Kräuselungsmarken, konnte Verf. wenigstens bei den im fliessenden Wasser entstandenen Gebilden vielfach beobachten. Die Kräuselungen, welche er im Kaltenbrunner Bache bei Neustadt a./H. fand, waren grösstenteils senkrecht zur Richtung des Stromes. Da, wo der Bach eine Krümmung

---

[1]) Weule (Beitr. zur Morphol. d. Flachküsten) schreibt der schief auflaufenden Welle eine grosse Bedeutung beim seitlichen Transport der Sandkörner zu und führt diese Thatsache auf den Umstand zurück, dass die Wasserteilchen sich nicht in denselben Bahnen zurückbewegen, in der sie vorwärts gegangen sind. Somit werden nach Weule die Orbitalbahnen der Wasserteilchen infolge des Terrains ebenfalls umgestaltet. Philippson pflichtet Weule in dieser Beziehung bei und schlägt für die seitlich transportierende Thätigkeit der schief auflaufenden Welle das Wort „Küstenversetzung“ vor. (Peterm. Mitt. Bd. 38, Littb. No. 496).

[2]) This surface structure (irregularly mammillated in places where the current was troubled) may be seen in process of production now on shores where spaces of sand are enclosed by rocks, so that as the tide falls it is made to run in different directions among the rock-channels (J. Beete Jukes u. Geikie, The Student's Manual of Geology, 3. ed. 1872, S. 164).

[3]) Arch. etc. Bd. X, Pl. I, Fig. 6.

macht, wo Unebenheiten vorkamen, war dies nicht mehr der Fall. Ein Strudel erzeugte Kräuselungen von allen Richtungen. Man konnte da und dort Stromfurchen konstatieren, die parallel zum Ufer waren. In der Mitte des Baches kam es an der betreffenden Stelle zu keiner Kräuselungsbildung, da das Gefälle längs des Stromstriches zu stark war. Der Grund, weshalb die Kräuselungen parallel zum Ufer waren, ist der, dass infolge des Ueberdruckes, der in der Mitte des Baches durch die über das Gestein herabfallenden Wassermassen erzeugt ward, kleine Wellen entstanden, die sich gegen das Ufer hin fortpflanzten. Diese vermochten im Verein mit einem vom Ufer der Mitte zustrebenden Kompensationsströmchen[1]) kleine Kräuselungsmarken zu bilden. Ebenso fanden sich in der Mitte des Rinnsales zuweilen Kräuselungen, die parallel zum Ufer waren. Sie waren stets auf ein Hindernis, z. B. auf einen Stein oder Zweig, der am Boden lag, zurückzuführen. In der Nähe waren keine Sandfurchen zu bemerken, da die Strömung zu stark war. Auf der Leeseite des Gegenstandes war ein Strich relativ ruhigen Wassers sichtbar, unter dem sich der Sand ablagern konnte. So bildete er eine Kräuselungsmarke, die parallel zum Strome verlief. Einige Tage, nachdem man den Zweig entfernt hatte, war sie verschwunden. Dieser Umstand spricht für die Thatsache, dass das fragliche Hindernis wirklich Schuld an der Entstehung der auf der Leeseite gebildeten Sandablagerung war.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass die Kräuselungsmarken nicht immer parallel zu sein brauchen, und Hunts Wahrnehmungen mögen somit ihre Erklärung gefunden haben. Je verwickelter die lokalen Verhältnisse sich gestalten, desto unregelmässiger muss die Richtung der Kräuselungen werden.

---

[1]) Das nach der Mitte gerichtete Kompensationsströmchen entstand infolge der heftigen, in der Mitte des Baches wirkenden Hauptströmung.

3) Abnorme Bildungen.

Abnorme Lagerung zweier Kräuselungssysteme.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass von verschiedenen Forschern abnorme Bildungen konstatiert wurden. So beobachteten Lyell, Hunt und Forel ein System grösserer Kräuselungsmarken, das von kleineren Wellenfurchen senkrecht gekreuzt wurde, eine Erscheinung, die viel gemein hat mit der sich kreuzender Gletscherschliffe und S. 71 ihre Erklärung fand. Forel hat ausserdem Gelegenheit gehabt, zwei Systeme von Kräuselungen zu beobachten, die derart abgelagert waren, dass eine grössere, nachher eine kleinere, dann wieder eine grössere Wellenfurche folgte u. s. w. DeCandolle, Forel[1]) und Darwin gelang es, beide Systeme in der Wellenrinne herzustellen. Es folgt aus den diesbezüglichen Versuchen, dass die grösseren Kräuselungsmarken die ursprünglichen sind und aus gröberen Körnern bestehen, während die kleineren von feineren Sandteilchen gebildet werden. Darwin erklärt uns diesen Vorgang. Wenn die Sandkörner von verschiedener Grösse seien, so komme es zuweilen vor, dass sehr feine Körnchen bei allzu heftiger Oscillation von den Baumwirbeln erfasst und in wirbelartiger Bewegung fortgerissen würden, so dass sie sich zuerst an der Wurzel des Tintenbaumes ablagern könnten, wenn die Bewegung nachgelassen habe. Die übrigen Unregelmässigkeiten in der Bildung der Kräuselungen beziehen sich nicht auf das gegenseitige Verhältnis zweier Systeme, sondern nur auf eine abnorme Gestaltung einzelner Exemplare.

Abnorme Kräuselungen.

Forel bemerkte am 17. August 1875 bei Bex Kräuselungsmarken, deren Kamm schwarz war, während der übrige Teil die graue Farbe des Sandes zeigte. Nach seiner Meinung bestand der Gipfel dieser Kräuselungen aus schwarzem, leichterem Humus, der am Ufer der[2]) Rhône verbreitet ist. Er trübte daher das Wasser in einer Bucht, in

[1]) Forel, Arch. X, S. 71.

[2]) Franz. le Rhône. Im Deutschen ist aber die weibliche Form üblich geworden. Sievers, Europa, eine allg. Landeskunde, S. 62.

der sehr helle Kräuselungen waren, und alsbald war der Gipfel von diesem dunklen Humus bedeckt. Es ist klar, dass leichtere Massen, welche den Gipfel aufbauen, eher weggeschwemmt werden als die schweren Sandkörner, die die Basis der Kräuselungen bilden. Auf diese Weise, meint Forel[1]), seien die Gebilde entstanden, die er uns in Pl. I. Fig. 9 vorgeführt hat. Es wären demnach Kräuselungen, deren Kämme durch Erosion Not gelitten hätten, so dass sie einen gezackten Gipfel aufweisen. Dasselbe mag von den Rippungen mit dreifach gezacktem Kamme gelten, deren Bild uns Forel in Pl. I, Fig. 8 vor Augen führt[2]). Es scheint diese Anomalie übrigens sehr selten aufzutreten. Ausser den Andeutungen Forels, die sich bloss auf 2—3 Exemplare beschränken, wurden in der einschlägigen Literatur keine vorgefunden.

Veränderung der normalen Gestalt.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die ursprünglich scharfen Kämme der Kräuselungen sich mit zunehmendem Alter verflachen, sowie dass Tiere, die am Boden ruhiger Binnengewässer oder des Meeres sich bewegen, imstande sind, Spuren ihrer Wanderung zurückzulassen.

Im allgemeinen werden Kräuselungsmarken in grösserer Tiefe oder auch solche aus gröberem Material sich besser erhalten, als die, welche im Schlamme oder nahe an der Oberfläche entstanden sind. Bei diesen ist schon eine mässige Wellenbewegung imstande, ihre Form umzugestalten, während bei grösseren Tiefen eine stärkere Wellenbewegung stattfinden muss, um ihre Wirkung daselbst noch zu äussern.

4) Tiefe und Grösse der Kräuselungsmarken.

Tiefe der Kräuselungsmarken.

Die Frage nach der Tiefenwirkung der Wellen wurde vielfach im Einklang mit jener nach dem Vorkommen der Kräuselungsmarken zu lösen versucht. Es kann kein Zweifel bestehen, dass beide Fragen zusammenhängen, obwohl sie

[1]) Bull. d. la. Soc. Vaud. des Sc. nat. Lausanne, 1878, S. 77.
[2]) „Je ne sais pas expliquer cette forme."

keineswegs als identisch aufzufassen sind. Das Vorhandensein von symmetrischen Kräuselungen lässt allerdings einen Schluss auf die Wirkung der Wellen zu; es muss jedoch zugegeben werden, dass da, wo noch eine Bewegung der Wasserteilchen infolge des Wellenschlages stattfindet, keine Bodenrippungen zu entstehen brauchen, da ja nicht jede Bewegung hinreicht, um diese Erscheinung ins Leben zu rufen.

Es scheint nun, dass Wellenfurchen in Binnenseen auf eine geringere Tiefe beschränkt sind als im Ocean, wo grössere Wogen vorkommen. Forel[1]) vermochte am 16. Februar 1878 bei günstigen Bedingungen den Boden des Genfer Sees bis zu einer Tiefe von 12 m zu erblicken; er konnte die Kräuselungen aber bloss bis zu einer Tiefe von $6{,}_6$ m konstatieren. Bei einer anderen Gelegenheit[2]) bemerkte er das plötzliche Verschwinden der Kräuselungen in einer Tiefe von ungefähr $9{,}_1$ m in der Gegend von Morges. Er untersuchte den Genfer See auch in grösseren Tiefen auf Kräuselungen, indem er zahlreiche Abdrücke in Tiefen von 30 bis 100 m machte. Es fanden sich jedoch nicht die geringsten Spuren auf der Abgussplatte vor, die auf das Vorhandensein von Kräuselungsmarken hingewiesen hätten.

Im Meere sind die Wellenfurchen in grösseren Tiefen konstatiert worden. Hunt hat seine Aufmerksamkeit speziell dieser Frage zugewandt[3]). Er hat sowohl durch Experimente, als auch durch zahlreiche Beobachtungen in der Natur die Tiefenwirkung der Welle zu bestimmen versucht. Auf dem Wege des Versuches gelangte er zu dem Resultate, dass die Welle in der Rinne sich noch in einer Tiefe, welche ihrer

---

[1]) Bull. etc. Vol. XV, Lausanne 1879. Die grösste Tiefe, bis zu welcher Forel einen weissen Gegenstand überhaupt zu erblicken vermochte, betrug 17 m (Arch. etc. Bd. XII, p. 489 f.).

[2]) Bull. etc. 1879, S. 77 u. Arch. Bd. X, S. 61 f.

[3]) Proc. etc. Bd. XXXIV, S. 8—17.

62fachen Höhe gleichkommt[1]), geltend macht. In der Torbay-Bucht konnte er die Aufwühlung des Bodens in einer Tiefe von 6 Faden (11 m) konstatieren. Am Eingange derselben müssen sich die Wellen am Boden in einer Tiefe von 15 Faden (27,4 m) noch bemerkbar machen, da die von dort stammenden Muscheln Spuren von Verletzungen zeigten, welche bewiesen, dass sie von den Wogen hin- und hergeworfen wurden. Dieselbe Thatsache konnte Hunt auch bei den Muscheln feststellen, die ihm von dem Kapitän des Schiffes „Pelikan" zur Untersuchung übersandt wurden und aus Tiefen von 36, 38, 41 Faden (68,8, 69,5, 75 m) herstammten. Von 85 Exemplaren zeigten 58 ganz deutlich „die Spuren eines dereinstigen Existenzkampfes". Der „Pelikan" fand 20 Meilen südöstlich von Startpoint ein Gefäss, das aus einer Tiefe von 36—37 Faden (65,8—67,7 m) gehoben wurde. Wenn man das Gefäss auf die Seite legt, so ergibt sich, dass die Oeffnung des Halses ungefähr 9½ Zoll über die Seitenwand ragt. In diesem Gefässe befanden sich Schlammmassen und einige Steinchen, so dass Hunt mit Recht aus dieser Thatsache schliessen konnte, dass der Inhalt des Gefässes nur dadurch in dasselbe geriet, dass sich entweder das Gefäss oder dessen Inhalt oder auch beide bewegten, was auf eine Einwirkung der Welle bis zu einer Tiefe von 36—37 Faden (65,8—67,7 m) schliessen lässt. Die Möglichkeit, dass das Gefäss, als es verloren wurde, bereits mit Schlamm gefüllt war, kann allerdings nicht geleugnet werden. Da es aber auf der unteren Seite bis zur Hälfte sehr schmutzig und somit im Schlamme eingegraben war, muss unter allen Umständen eine derartige Tiefenwirkung der Welle stattgefunden haben. Hunt stützt sich ferner auf die Aussagen von Nautikern[2]) und auf gewisse Anzeichen in der Natur. So erklärt er die Thatsache, dass gewisse See-

[1]) Proc. etc. Bd. XXXIV, S, 17.

[2]) Proc. XXXIV, S. 14 f.

anemonen, wie die Adamasia palliata, sich an den Einsiedlerkrebs[1]) klammern, auf eine ganz einfache Weise. Die Adamasia palliata würde grosse Wellen kaum überleben, wenn sie nicht Schutz an einer von dem Einsiedlerkrebs bewohnten Schale suchte. Hunt hat sich in seiner Rinne davon überzeugt, dass der Krebs, sobald er die Wellenbewegung bemerkt, die Füsse ausstreckt, um sich so eine möglichst breite Basis zu verschaffen und den Wellen zu trotzen. „The crab keeps the shell from rolling, and the anemone from being killed." J. Gwyn Jeffreys[2]) berichtet uns, dass der Stockfisch an der nordamerikanischen Küste in einer Tiefe von 30—50 Faden (55—91,5 m) mit besonderer Vorliebe der Mya truncata nachstelle, die gewöhnlich 8—10 Zoll unter dem Sande vorkomme und wahrscheinlich ihren Ort nicht verändere. Hunt ist der Ansicht, dass die Wogen imstande seien, den Boden bis in diese Tiefen aufzuwühlen, so dass der Stockfisch seine Lieblingsnahrung leicht zu finden vermöge. Diese Bewegungserscheinungen sind nun so heftig, dass wir annehmen müssen, die Kräuselungsmarken müssten sich in noch viel grösseren Tiefen vorfinden[3]). Die Frage nach der Tiefenwirkung der Wellen, eine Frage, die für die submarine Denudation von Bedeutung sein dürfte, wurde noch von anderen Gelehrten einer eingehenden Würdigung

[1]) Allgemeine Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny, bearbeitet von Hann, Brückner, Kirchhoff, 5. Auflage III. Abt. Fig. 34, S. 54.

[2]) British Conchology, vol. III, p. 69.

[3]) Es kann bei den Untersuchungen Hunts nur von Wellen die Rede sein, nicht aber von konstanten Strömen, da diese viele Mollusken, welche sich nur wenig oder gar nicht bewegen können, mit Sand bedecken und begraben würden. Godwin Austin (Natur. Hist. of the Europ. Seas S. 233) ist ebenfalls der Ansicht, dass eine Treibsandzone (Triftsandzone) für das marine Leben ausserordentlich ungünstig sei. Dass dieses in der Torbay-Bucht dennoch existiere, schreibt er dem Umstande zu, dass die Sandmassen, da diese Bucht im allgemeinen vor dem Winde geschützt sei, sich nicht zu bewegen vermöchten. Viele Muscheln gingen allerdings zugrunde, wenn infolge heftiger Winde die Wassermassen jener Bai bewegt würden; andere überlebten jedoch den Angriff der Wogen.

unterzogen. So wies Aimé[1]) bei einer Wellenhöhe von 1,5 m noch eine ziemlich starke horizontale Verschiebung der Wassermassen bis zu einer Tiefe von 14 m nach. Die Versuche, welche er im Hafen von Algier anstellte, ergaben, dass die Wellen in einer Tiefe von 40 m noch ziemlich stark sein können. Bei diesen Beobachtungen handelte es sich allerdings nur um Wogen von höchstens 3 m Höhe, und zudem war Aimés Apparat derart konstruiert, dass er nur bedeutende Bewegungen der Wasserteilchen registrierte[2]). Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die Wirkung der Welle sich noch in beträchtlicheren Tiefen geltend macht, und weitere Untersuchungen bestätigten diese Vermutung. So hat Siau[3]) im Nordwesten der Insel Réunion Abdrücke vom Meeresboden genommen und noch in einer Tiefe von 188 m Kräuselungsmarken konstatiert. Lotungen in grösseren Tiefen machten es wahrscheinlich, dass hier dieselbe Erscheinung anzutreffen ist. Da weitere diesbezügliche Angaben von anderen Autoren[4]) vorliegen, so können wir mit Sicherheit annehmen, dass Kräuselungsmarken bis zu einer Tiefe von 200 m recht wohl vorkommen können, ohne dass jedoch der Fall ausgeschlossen wäre, dass sie sich auch noch jenseits dieser etwas eng gezogenen Grenze bilden.

---

[1]) Ann. de chim. et de phys., 3. sér. tome V, 1842, p. 417 ff. und Krümmel, Ozean. II., S. 32.

[2]) Ozean. II., S. 31/32.

[3]) Annal. de chim. etc. 3[me] sér. tome II, Paris 1841, S. 118.

[4]) Lyell (El. of. Geol., 6. Ed.) hebt hervor, das grosse Wassermassen bis zu einer Tiefe von 300—400 Fuss aufgewühlt würden, so dass daselbst noch Sand transportiert werden könnte. Nach Delesse (Lithol. du fond des mers 1871, p. 110 f.) finde die Bewegung der Wellen bis zu einer Tiefe von 200 m statt, was wahrscheinlich auch für die Kräuselungsmarken zuträfe. Nach Krümmel branden Wellen in der Tiefe von 200 m, und nach Cialdi könnten bis zu derselben Tiefe Sandmassen transportiert werden. (Supan, Grundzüge der phys. Erdk. 1884, S. 138); v. Richthofen nimmt an, dass die Fortpflanzung der Wellen in Tiefen von 200 m zweifellos erwiesen sei. (Führer für Forsch., S. 414.)

Nach den Gebrüdern Weber könnten sich Wellen bis zu einer Tiefe, welche ihrer 350fachen Höhe gleichkommt, bemerkbar machen. Diese Zahl ist allerdings etwas zu hoch gegriffen, und die Theorie wird mit den Vorgängen in der Natur nur dann übereinstimmen, wenn, wie F. v. Richthofen[1]) bemerkt, der die Wogen erzeugende Wind lang genug andauerte. Die Kabelverletzungen in einer Tiefe von 12—1800 m hat man ebenfalls auf die Wellenwirkung zurückgeführt.[2]). Dieser Schluss dürfte, falls man keine abnormen Wellen, wie Erdbebenfluten, im Auge hat, wohl etwas gewagt erscheinen. Unbestritten wird bloss die Thatsache bleiben, dass Wellenfurchen bis zu einer Tiefe von 200 m vorkommen. Die Frage, ob sie sich in noch grösseren Tiefen[3]), sogar 12—1800 m unter dem Meeresniveau, bilden, ist noch nicht spruchreif[4]). Es wird dieser Beweis auch sehr schwer zu erbringen sein, da in so bedeutenden Tiefen die Wellenfurchen recht klein sein müssten.

Die früher besprochenen Versuche ergaben ja, dass ihre Grösse mit zunehmender Tiefe abnimmt. Falls die Wellenbewegung sich nur bis zu einer gewissen Tiefe bemerkbar macht, muss auch die Amplitude der Orbitalbahnen **Grösse der Kräuselungsmarken.**

---

[1]) Führer f. F., S. 326.

[2]) Oceanogr., 2. Bd., S. 30.

[3]) Geologische Anzeichen, bei denen man von der Voraussetzung ausging, dass bewegungslosen Organismen die Nahrung nur durch die Wellenbewegung zugeführt werden könnte, vermögen den Beweis von der Tiefenwirkung der Wellen nicht zu erbringen, da festgestellt wurde, dass alle Tiefen bewegungslose Organismen beherbergen. (Ann. d. chim. II. 1841 u. Ocean., 2. Bd., S. 34.)

[4]) Was die unsymmetrischen Sandfurchen, die infolge der Gezeiten entstehen, anbelangt, so mag hier auf die früheren Ausführungen hingewiesen werden. Dass sich die regelmässigen Kräuselungsmarken gelegentlich in ganz bedeutenden Tiefen bilden, scheint erwiesen zu sein. So hat man nach Walther Spuren einer Brandung bei hohem Wellengang sogar auf dem 500 m tiefen Wyville-Thomsonrücken beobachtet; so tief also wird der Boden des Meeres gelegentlich aufgewühlt (Einl. in d. Geol. als hist. Wiss., S. 585.)

sich verringern, um schliesslich ganz zu verschwinden. Dementsprechend müssen, da ein gewisser Zusammenhang zwischen der Grösse der Kräuselungen und der Geschwindigkeit[1]) der Oscillation besteht, die Wellenfurchen mit zunehmender Tiefe näher aneinander rücken und niedriger werden, bis die stetig abnehmenden Erhöhungen sich allmählich am Meeresboden verlieren. Die Lotungen Siaus beweisen auch, dass der Uebergang von den Kräuselungsmarken zum angrenzenden Flachboden sich langsam vollzieht, falls das Terrain sanft und gleichmässig abwärts fällt. Somit ist es erklärlich, dass auf einem ausgedehnten Terrain, das unter einem gewissen Böschungswinkel einfällt, sich Kräuselungen von verschiedener Grösse bilden können. Weist das Wasserbecken Vertiefungen auf, so können sich grosse und kleine Kräuselungsmarken örtlich konzentrieren. Die Wellenfurchen, welche Hunt in der Torbay-Bucht beobachtete, bildeten sich in seichtem Wasser, also nahe an der Oberfläche bei mässigem Wellengang. Es ist klar, dass in diesem Falle, am Boden einer Depression, die Wirkung der Welle sich bedeutend abschwächen muss, zumal da die Tiefe der Depression im Verhältnis zu der Entfernung des angrenzenden Bodens von der Oberfläche des Wassers beträchtlich gewesen sein mag. Diese Erwägung erklärt uns die Thatsache, dass man auf einem verhältnismässig engen Raume Kräuselungen von verschiedener Grösse konstatieren kann, falls die Terrainverhältnisse die erforderlichen Bedingungen erfüllen.

Ueber die Grösse der Kräuselungen, welche in der Natur beobachtet wurden, liegen sehr verschiedene Angaben vor. An jenem Orte waren sie $1^1/_2$—22 Zoll (ca. 4—56 cm) lang; Forel hat Kräuselungsmarken von 5 bis 25 cm Länge, 1—7 cm Höhe, manchmal auch solche von 40 cm Länge beobachtet. Siau hat ihre Distanz von Kamm zu Kamm

[1]) Die Geschwindigkeit der Bewegung nimmt mit zunehmender Tiefe ab, da die Amplitude sich verringert, obwohl die Wasserteilchen ihre Bahnen in derselben Zeit durchlaufen.

auf 30—50 cm, ihre Höhe auf 10—15 cm geschätzt. Rippungen von $2^1/_2$ engl. Fuss (75 cm) Länge, wie sie Hunt bei Kirkcudbright an der Küste Schottlands konstatiert hat, besonders aber solche, deren Höhe, wie John Gilmore[1]) berichtet, ca. 3 Fuss oder 90 cm gewesen sein soll, dürften seltener vorkommen. Die auf den „Goodwin Sands," nordöstlich von Dover, vorgefundenen, von John Gilmore beschriebenen Kräuselungsmarken müssten, wenn wir sie recht steil annehmen wollten, trotzdem mehrere Meter lang sein. Daraus ergibt sich, dass die Grösse der unter Wasser gebildeten Kräuselungen sehr verschieden ist.

b) Fluviatile Kräuselungsmarken.

Eine ausführlichere Betrachtung möge den fluviatilen Kräuselungsmarken gewidmet werden, da sie bezüglich ihrer Entstehung und Eigenschaften vieles mit den Dünen, deren Betrachtung uns später obliegt, gemeinsam haben. Ort und besondere Umstände der Beobachtungen.

Wir haben seit Jahren Gelegenheit gehabt, die Bildung, Eigenschaften und Veränderungen dieser Gebilde zu beobachten. Dabei waren die Verhältnisse einer gründlicheren Untersuchung dieser Erscheinung ausserordentlich günstig; denn das Wasser, in dem sich die Sandkräuselungen gebildet hatten, war nicht zu tief und vollständig durchsichtig, so dass man alle Einzelheiten aufs genaueste verfolgen konnte. Zudem war die Intensität des Stromes an den einzelnen Stellen des Gewässers sehr verschieden, so dass die veränderte Geschwindigkeit allerlei Schlüsse zuliess. Unsere Beobachtungen erstreckten sich vorzugsweise auf zwei Gewässer, die jederzeit Sand mitführen. Da und dort setzt sich derselbe sogar in solcher Menge ab, dass er aus dem Rinnsale derselben von Zeit zu Zeit entfernt werden muss. Die beiden Quellen entspringen auf dem Haardtgebirge, das

1) „Storm Warriors or Lifeboat Work on the Goodwin Sands," S. 109, 215, 222.

ja grösstenteils aus Sandstein besteht, und münden bei Neustadt a. d. Haardt, beziehungsweise Speyerdorf in den Speyerbach[1]). An diesen beiden Gewässern stellten wir unsere Versuche und Beobachtungen an.

Entstehung. Zunächst zerstörte man an einigen Plätzen alle Kräuselungsmarken, um ihre Neubildung zu verfolgen. Besonders geeignet waren die Stellen, an denen das Wasser nicht zu tief war, so dass man das Auge, wenn man sich auf den Boden legte, in die deutliche Sehweite bringen konnte. Sobald man den Sand am Boden mit einem Brette geebnet hatte, konnte man ganz deutlich bemerken, dass gröbere Sandkörner, welche ohne jede Anordnung umherlagen, den Ansatzkern für ganz minimale Sandablagerungen bildeten, die bald stromabwärts wanderten und schliesslich zusammenwuchsen. Wenn der Boden ganz eben war, dauerte es einige Zeit, bis sich diese ganz kleinen Sandablagerungen zu bilden begannen. Sobald sie aber eine gewisse Grösse erreicht hatten, nahmen sie sehr rasch zu, bis sie schliesslich ganze Kräuselungsmarken bildeten. Blieben aber nach der Zerstörung der ursprünglichen Kräuselungen noch einige Unebenheiten übrig, die von jenen herrührten, so ging der Bildungsprozess der Sandfurchen bedeutend rascher von statten. Es ist unbedingt erforderlich, dass das Hindernis, welches den Ansatzkern für die Kräuselungsmarken bilden soll, sehr klein ist. Wir brachten nämlich ein ca. 1 cm dickes eisernes Lineal auf den Boden des Gewässers. Es bildete sich vor demselben sofort ein Graben, auf dessen Entstehung wir später zurückkommen. Sobald wir aber das Lineal in den Sand drückten, so dass es über denselben gerade noch hervorragte, blieben die Sandkörner vor dem Hindernisse liegen, und es entstand eine Kräuselungsmarke, die das Lineal bedeckte.

---

[1]) Das grössere Gewässer führt den Namen „Kaltenbrunner Bach“; für das kleinere ist im Flurbuche keine Benennung angegeben.

Vertikale Gliederung.

Die so entstandenen Kräuselungen besassen alle dieselbe Gestalt. Ihre Leeseite war stark geneigt und bedeutend kürzer als die Luvseite, welche eine äusserst sanfte Böschung annahm. Alle Kräuselungsmarken hatten, sofern sie senkrecht zur Stromrichtung verliefen, diese Eigenschaft, und von den zahllosen Sandfurchen, die wir beobachteten, fand sich auch nicht eine, welche in dieser Beziehung eine Ausnahme gemacht hätte. Deshalb stellte man mittelst eines Brettes eine Kräuselungsmarke mit steiler, nahezu senkrechter Luvseite her. Sofort bildete sich auf der dem Strome zugewendeten Seite ein nach aufwärts gerichteter Strudel, der die Sandkörner emporwirbelte, so dass sie fortgeschwemmt wurden. Zudem wanderte der obere Teil infolge des senkrechten und daher recht bedeutenden Druckes der Wassermasse so rasch, dass die Kräuselungsmarke bald den natürlichen Böschungswinkel auf der Luvseite annahm. Dabei wurde die Sandfurche etwas abgetragen. Dann erst begann sie wieder zu wachsen, um die ihr zukommende Grösse anzunehmen, die theoretisch von der Korngrösse, dem spezifischen Gewichte des Sandes und der Stärke der Strömung abhängig wäre. Dieser Versuch setzt uns in den Stand, die richtige Erklärung für die sanfte Neigung der Luvseite zu finden. Eine steilere Böschung ist unmöglich, weil die Stärke des Druckes der Wassermasse mit dem Neigungswinkel[1]) zunimmt; denn der Stoss ist um so kräftiger, je senkrechter er erfolgt. Wäre die Luvseite der Kräuselungsmarke also sehr steil oder gar senkrecht zur Horizontalen geneigt, so müsste der ganze Druck der Wassermasse auf den Sand wirken, so dass derselbe weggeschwemmt würde. Bei einer nahezu senkrechten Böschung der Luvseite müsste sich übrigens der Sand vor der Kräuselungsmarke von neuem ablagern, da ja in diesem Falle wieder ein Hindernis gegeben wäre, und dieser Vorgang müsste sich so lange wieder-

[1]) Der Druck wäre dem Sinus des Winkels proportional, unter dem die Wassermasse die Böschung trifft.

holen, bis die Luvseite ganz sanft bis zum Gipfel der Kräuselung emporsteigt. Trotz der sanft geneigten Luvseite würde die Kräuselungsmarke weggeschwemmt werden, wenn sie auf der Leeseite keinen Halt hätte. Ihre stromabwärts gerichtete Bewegung lässt den Schluss zu, dass sie keinen festen Kern besitzt, der ihr den nötigen Widerstand verleiht. Der Wirbel auf der Leeseite, welcher auf das Kompensationsbedürfnis zurückzuführen ist, bewahrt sie vor der Zerstörung. Von diesem Wirbel konnten wir uns sehr oft überzeugen. Kleinere halbverfaulte Holzteilchen, welche ganz nahe über den Kamm der Kräuselungsmarken gehoben wurden, gerieten häufig in diesen Wirbel und wurden dann auf der Leeseite am Boden des Gewässers dem Hauptstrome entgegengeführt. Dasselbe war manchmal auch bei Sandkörnern der Fall, die von dem unteren Teile der nächstfolgenden Luvseite durch dieses Kompensationsströmchen bis zur Leeseite der vorhergehenden Kräuselung transportiert wurden. Diesem Wirbel mag auch die Möglichkeit der Vergrösserung der Kräuselungsmarke über das bei ihrer Bildung massgebende Hindernis zugeschrieben werden. Er ist ganz wesentlich bei dem Aufbau derselben beteiligt. Wir haben häufig beobachtet, dass Körner am Kamme einer Kräuselungsmarke eine Zeit lang haften blieben, weil der auf der Leeseite wirkende Wirbel sich ihrer Bewegung entgegenstellte[1]. Desgleichen fielen die Sandkörner, wenigstens die kleineren, niemals auf der äusserst steil geneigten Leeseite mit einem Male bis zum Fusse derselben herab, sondern sie blieben mehreremale liegen, manchmal sogar so lange, bis sie von anderen bedeckt wurden. Die ausserordentlich steile Leeseite wäre auf die Erosion des daselbst in Kraft tretenden Wirbels zurückzuführen. Der Kamm frisch gebildeter fluviatiler Kräuselungsmarken ist stets spitz, so dass die beiden Seiten durch eine scharf gezogene Linie getrennt

---

[1]) Seite 21.

sind. Bei einer aussergewöhnlich grossen Kräuselungsmarke, deren Höhe ca. 15 cm betrug, beobachtete man auf der Leeseite einen verschiedenen Neigungswinkel, in dem der obere Teil derselben nahezu senkrecht war, während der grössere Teil, ca. zwei Drittel derselben, einen sanfteren Böschungswinkel aufwies. Die Bewegung der Sandkörner liess den Schluss zu, dass der Wirbel nur im oberen Teile oder hier wenigstens am kräftigsten war, während weiter unten infolge der grossen Entfernung von dem über der Kräuselungsmarke horizontal verlaufenden Strome das Kompensationsbedürfnis weniger fühlbar war. Am Gipfel dieser Kräuselung wurden die Sandkörner emporgewirbelt, während diejenigen am Fusse keine retrograde Bewegung annahmen. Der Wirbel hatte also den steilen Absturz erzeugt, während unterhalb desselben sich der Sand seinem natürlichen Böschungswinkel gemäss abgelagert hatte. Diese Kräuselung war die grösste, welche wir zu beobachten Gelegenheit hatten. Als wir dieselbe einige Tage später wieder aufsuchten, war sie verschwunden. Sie war unterdessen bis zu einer Stelle vorgerückt, an der das Wasser so reissend war, dass sie daselbst fortgeschwemmt worden war. Ihre Bildung war auf den Umstand zurückzuführen, dass das Wasser, welches man längere Zeit zur Bewässerung der Wiesen abgelenkt hatte, plötzlich wieder in das alte Bett geleitet wurde, wo bei hinreichendem Sandvorrat und grösserer Geschwindigkeit der Wassermasse eine so grosse Kräuselungsmarke zustande kam. Sonst war die Böschung auf der ganzen Leeseite der Kräuselungen gleichmässig geneigt, so dass ihr Querschnitt ein Dreieck bildete, bei dem die dem Strome zugekehrte Seite die abgekehrte um das Mehrfache übertraf.

Die Luvseite geht in die Horizontale ganz allmählich über, so dass es oft schwer wird, ihre Grenze zu bestimmen; dagegen ist die Leeseite infolge ihres steilen Abfalls scharf gegen die Horizontale abgegrenzt.

Horizontale Gliederung.

Nicht so regelmässig ist die horizontale Gliederung oder der Grundriss der fluviatilen Kräuselungsmarken. Während das Profil bei allen dasselbe war, wies der Grundriss allerlei Variationen auf. Bald verlief ihr Kamm geradlinig, bald bildete er eine Kurve, die gegen den Strom konkav oder konvex gekrümmt war. Wir haben ganz geradlinige Kräuselungen hergestellt; aber nach kurzer Zeit war in dem 1—1½ m breiten Gewässer nichts mehr von dem ursprünglichen Verlaufe der Kammlinie zu bemerken. Der Grund lag darin, dass die Wanderung derselben Kräuselungsmarke oft sehr ungleichmässig erfolgte, was aus der mehr oder minder lebhaften Bewegung der Sandkörner leicht geschlossen werden konnte. Unter dem Stromstriche vollzog sich ihre Wanderung rascher als auf den Seiten, so dass der mittlere Teil öfters vorgeschoben wurde und ein gegen den Strom geöffneter Bogen entstand. Da aber der Stromstrich infolge der Unebenheiten des Gewässers sich bald dem linken, bald dem rechten Ufer näherte und die Kräuselungsmarken auf ihrer Wanderung in ihren verschiedenen Teilen den verschiedensten Hindernissen begegneten, waren auch oft genug die Seiten vorgeschoben, so dass die Kämme nach der Stromseite konvex gekrümmte Kurven darstellten. Im allgemeinen werden sich aber die Kräuselungsmarken senkrecht zur Stromrichtung ablagern, falls das Gewässer breit genug ist und das Bett desselben keine Unebenheiten aufweist; denn, ebenso wie in der Wellenrinne, haben die Sandkörner auch im Flusse das Bestreben, Ablagerungen zu bilden, die senkrecht zur Richtung der bewegenden Kraft verlaufen. Dass aber zahlreiche Ausnahmen in engen Gewässern und bei allenfallsigen Unebenheiten des Terrains vorkommen können, wurde bereits ausgeführt[1]). —

[1]) Seite 73 ff.

Sandablagerung vor dem Hindernisse.

Ein Fall verdient hier noch besondere Beachtung. Wie wir gesehen haben[1]), lagerte sich der Sand öfters hinter dem Hindernisse ab und bildete daselbst eine zur Stromrichtung parallele Kräuselungsmarke. Der Fall, dass er auf der Luvseite desselben haften bleibt, ist ausserordentlich selten. Obwohl wir zahlreiche diesbezügliche Versuche anstellten, konnten wir nur ein einziges Mal eine Sandablagerung vor dem Hindernisse konstatieren. Wir brachten nämlich mehrere grössere und kleinere Steine sowie Bretter, die wir auf der Leeseite durch kleinere Pfähle befestigten, am Boden des Kaltenbrunner Baches in eine zur Stromrichtung senkrechte Lage. Nach kurzer Zeit setzte sich im Stromschatten dieser Gegenstände der Sand ab und bildete eine zur Stromrichtung parallele Kräuselungsmarke. Sobald der betreffende Gegenstand den Boden des Gewässers berührte, wurde der Sand auf der Luvseite weggeschwemmt, so dass sich ein Graben bildete. Vor dem Hindernisse staute sich nämlich die Wassermasse, so dass eine lebhaftere seitwärts gerichtete Strömung entstand, die diese Rinne erodierte. Wir stellten den Versuch sogar an den Stellen an, wo der Kaltenbrunner Bach fast gar kein Gefälle hatte, wo die Strömung des Wassers so gering war, dass man an der Oberfläche eine Bewegung kaum wahrzunehmen vermochte, obwohl ganz kleine Kräuselungen daselbst den Boden bedeckten. Selbst im Bereich dieser ganz minimalen Gebilde fand vor dem angebrachten Hindernisse keine Schlammanhäufung statt, sondern es bildete sich daselbst eine Depression.

Trotzdem waren auf dem Boden des Kaltenbrunner Baches Steine zu finden, die fast ganz mit Sand bedeckt waren, und von denen die obere Fläche gerade noch sichtbar war. Genauere und längere Beobachtungen erklärten uns schliesslich den dabei in Betracht kommenden Vorgang. Die betreffenden Steine waren klein, so dass sich vor den-

[1]) Seite 74.

selben keine grosse Wassermasse aufstauen konnte; deshalb war auch der sich vor denselben teilende Strom weniger kräftig. Anfangs gelang es ihm allerdings, einen Graben auszufegen. Da sich aber immer wieder neue Sandmassen im Rinnsale des Baches ablagerten, wurde das Hindernis immer unbedeutender, so dass schliesslich die in einiger Entfernung vor demselben gebildete Kräuselungsmarke vorzurücken begann und dasselbe teilweise oder auch ganz bedeckte. Bei einem Steine, den man auf den Boden des Kaltenbrunner Baches legte, konnte man nach einiger Zeit eine Ansammlung von Sandkörnern auf der linken Hälfte der Luvseite konstatieren. Derselbe war ca. 40 cm lang und wurde derart auf den Boden des Baches gebracht, dass seine Längsachse senkrecht zur Stromrichtung verlief. Die untere Fläche berührte den Boden nur auf der dem linken Ufer zugekehrten Seite, da der Stein daselbst bedeutend dicker war. Deshalb umfloss die aufgestaute Wassermasse das Hindernis nicht auf beiden Seiten, sondern vorzugsweise auf der rechten, so dass sich die Sandkörner nur auf der linken Hälfte der Luvseite ablagern konnten. Um uns zu überzeugen, ob eine Anhäufung des Sandes auf der Luvseite stattfinden könne, wenn dem Strome die Möglichkeit genommen wäre, das Hindernis zu umfliessen, brachten wir eine Cigarrenkiste, mit ihrer Oeffnung gegen den Strom gerichtet, auf den Boden des Gewässers, unter der Voraussetzung, dass die Wände der Kiste das Umfliessen des Stromes verzögerten. Die Bewegung der Sandkörner am Boden und der auf das Wasser gestreuten Asche bewies, dass die Seitenströmungen die Aushöhlung des Grabens besorgten. Vor der Mitte des Hindernisses (dem eigentlichen Boden der Kiste) bildete sich kein Graben; aber auf den beiden Seiten waren die aus der Kiste eilenden, dem Hauptstrome entgegengerichteten Seitenströmungen doch noch so stark, dass die Sandkörner denselben folgten und eine Rinne gebildet ward. Vielfache Versuche bewiesen, dass eine Sandanhäufung

vor dem Hindernisse bei mässiger Stromstärke regelmässig stattfindet, falls dasselbe nicht zu gross ist und eine Höhe von höchstens einigen mm erreicht[1]). In diesem Falle werden die Wassermassen nicht aufgestaut; es entstehen keine Seitenströmungen, und das Hindernis wird die rollenden Sandkörner festhalten.

Die Grösse der fluviatilen Kräuselungsmarken hängt ebenfalls von der der Sandkörner und der Stärke des Stromes ab. Im Kaltenbrunner Bache waren die aus grobem Sande und bei grösserer Stromstärke gebildeten Kräuselungen bedeutend höher als die aus feinerem Materiale, die in der Regel weiter stromabwärts bei geringerer Geschwindigkeit des Wassers entstanden. Da, wo die Strömung kräftiger war, bildeten sich grössere, ca. 2—5 cm hohe Kräuselungen aus gröberem Materiale. Feinere Sandkörner konnten sich daselbst nicht niederschlagen, da die Intensität des Stromes zu gross war. Dieselben gelangten zuerst da zur Ablagerung, wo das Gefälle geringer war, weshalb sie auch kleinere, ca. $^1/_2$—$1^1/_2$ cm hohe Furchen erzeugten, deren Höhe immer mehr und mehr abnahm, bis dieselben ganz verschwanden. Da die Stromstärke mit dem Wasserstande von Zeit zu Zeit wechselte, beobachtete man bei niedrigem Wasserstande an den Stellen, die vorher mit grösseren Kräuselungen bedeckt waren, Schlammfurchen, die bedeutend kleiner waren als jene. Man entnahm an diesen Stellen mittelst eines Spatens Sandproben und konnte konstatieren, dass die ursprünglichen, aus gröberem Materiale gebildeten Kräuselungsmarken mit einer Schlammschicht überzogen waren. Die geringe Höhe derselben war auf den Umstand zurückzuführen, dass der Schlamm sich vorzugsweise auf der Leeseite im Thale abgelagert hatte, so dass es ausgefüllt war und die Kräuselungen erniedrigt wurden. Dass der Schlamm besonders den dem Strome abgekehrten Abhang bedeckte, Grösse.

[1]) Seite 84.

konnte man sehr häufig konstatieren. Die Kräuselungsmarken zeigten nämlich sehr oft auf der Luvseite die rötliche Farbe des Sandes, während sie auf der Leeseite von dem Schlamme dunkel gefärbt waren. Bei geringerer Stromstärke ist ja, wie das Darwinsche Wirbelgesetz vermuten lässt, das Kompensationsbedürfnis weniger vorhanden, der Wirbel auf der Leeseite also sehr schwach oder ganz ausser Wirkung, so dass sich der Schlamm daselbst ablagern kann. Blätter, die von dem Strome ganz langsam und direkt über dem Boden fortgetrieben wurden, blieben häufig auf der Leeseite haften und füllten dort den Hohlraum aus, so dass die ursprüngliche Kräuselung fast verschwunden war. Nimmt nun die Stromgeschwindigkeit mit der Wassermasse zu, so beginnt der Sand auf der Luvseite wieder zu wandern und bedeckt den auf der Leeseite angesammelten Schlamm. Auf diese Weise kommt es zur Schichtung der Kräuselungsmarken, von der später die Rede sein soll[1]).

Wird die Geschwindigkeit des Stromes für eine gewisse Korngrösse zu gross, so werden die Kräuselungsmarken abgetragen und zerstört. So haben wir wiederholt die Beobachtung gemacht, dass bei der Zunahme der Wassermasse und der dadurch bedingten grösseren Stromgeschwindigkeit alle Kräuselungsmarken auf einem bestimmten Platze verschwanden. Sandablagerungen auf der Leeseite eines

---

[1]) Der nasse Schlamm bildet eine klebrige Schicht und füllt die zwischen den Sandkörnern freigelassenen Zwischenräume aus, so dass er die Oberfläche der Kräuselungsmarken glättet; deshalb wird er auch nicht so leicht fortgeschwemmt. Zudem wandern die grösseren Sandkörner rascher wie die feineren, da sie beim Rollen die ganz kleinen Unebenheiten am Boden leichter überwinden. Wenn gröbere Sandkörner auf der Luvseite nur zum Teil über ihre Umgebung hervorragen, werden sie infolge ihrer grösseren Oberfläche vom Strome erfasst und fortgerissen, während die Schlammteilchen dadurch, dass sie die Zwischenräume ausfüllen, demselben erfolgreicheren Widerstand leisten; daher ist es möglich, dass der Schlamm vom Sande bedeckt und nicht zuvor weggeschwemmt wird.

Gegenstandes wurden zerstört, sobald man das Hindernis entfernte[1]), natürlich nur dann, wenn der Strom kräftig genug war, was jedesmal zutraf, wenn in ihrer Nähe keine weiteren Kräuselungen vorhanden waren. In diesem Falle hatten sie sich ja infolge der weniger energischen Bewegung des Wassers hinter dem Hindernisse gebildet.

Eine ganz besondere Eigenschaft der fluviatilen Kräuselungsmarken ist ihre Beweglichkeit. Sie verändern ihre gegenseitige Entfernung und wandern stromabwärts. So fand sich, dass ihre Anzahl auf einem bestimmten abgesteckten Terrain längere Zeit hindurch nie dieselbe war. An Stellen, wo die Strömung kräftig war, rückten sie sogar ziemlich rasch vor. Genauere Beobachtungen zeigten, dass diese Bewegung nicht ganz regelmässig erfolgte. Manche Teile der Kräuselungen rückten rascher, manche langsamer vor, je nach der Stärke des Stromes und der Grösse der Hemmnisse, so dass allerlei konkave und convexe Krümmungen im Grundrisse entstanden. Das Wandern vollzieht sich in derselben Weise, wie bei den aeolischen Kräuselungen und Dünen. Der Strom fasst die Körner auf der Luvseite, die dann an derselben emporrollen und schliesslich auf der Leeseite herabfallen. Forel nennt daher die Luvseite „face d'érosion", die Leeseite „face d'alluvion. Die daselbst abgelagerten Sandkörner werden allmählich von anderen bedeckt, so dass sie in das Innere der Kräuselungsmarken und von hier immer mehr und mehr gegen die Luvseite vorrücken, auf der eine Schicht nach der andern weggeschwemmt wird. An einigen Körnern konnte man diesen Vorgang genau verfolgen. Man fasste gröbere Körner, die gerade auf der Luvseite auftauchten, scharf ins Auge. Sie wurden nach und nach bloss gelegt, da das darüberliegende Material allmählich abgetragen wurde. Schliesslich war die Denudation so weit vorgeschritten, dass der Strom das

Bewegung.

[1]) Seite 74.

betreffende Korn ins Rollen brachte und nach der Leeseite transportierte. Daselbst liess es sich so lange beobachten, bis es von den nachfolgenden bedeckt wurde und demgemäss ins Innere der Kräuselungsmarke vorgerückt war.

Gruppierung. Infolge der Wanderung kommt es zu einer mehr oder minder charakteristischen Gruppierung der fluviatilen Kräuselungen. Das Charakteristische dieser Anordnung ist der Parallelismus, der allerdings nur im grossen und ganzen gewahrt wird. Er ist dadurch begründet, dass die Kräuselungen das Bestreben haben, sich senkrecht zur Richtung des Stromes abzulagern. Die regelmässige Anordnung wird indessen gestört durch die Wanderung der Kräuselungen, die sich in ihren einzelnen Teilen, wie bereits erwähnt, mit verschiedener Geschwindigkeit vollzieht. Daher kommt es, dass allerlei Ein- und Ausbuchtungen im Grundrisse der Kräuselungsmarken entstehen. Die einzelnen Sandfurchen wachsen schliesslich zusammen, da die kleineren infolge ihrer bedeutenderen Geschwindigkeit die grösseren einholen. So kann man allerlei Verästelungen und Abzweigungen beobachten; aber immer kommt die parallele Anordnung wieder zur Geltung, so dass man leicht aus der Anordnung des ganzen Systemes auf die Richtung des Stromes schliessen kann. Die Vorsicht jedoch gebietet es, auf einen derartigen Schluss gänzlich zu verzichten, wenn die Anordnung der Kräuselungsmarken ganz verworren ist, was z. B. da zutrifft, wo das Wasser einen Strudel bildet. Parallel zum Strome gerichtete Kräuselungen, welche auf der Leeseite eines Hindernisses entstanden, lassen indessen einen Schluss auf den Verlauf des Stromes zu, da sie sich von den senkrechten Furchen ganz wesentlich unterscheiden. Direkt hinter dem Gegenstande sind sie am breitesten. Je weiter sie sich von demselben entfernen, desto geringer wird ihr Volumen. Ihr Grundriss bildet, ihre regelmässige Entstehung vorausgesetzt, ein gleichschenkeliges Dreieck, dessen Basis das Hindernis berührt. Ihr vertikaler, zum Strome senkrecht

gerichteter Querschnitt ist ebenfalls gleichschenkelig. Die sich dabei ergebenden Schnittfiguren werden um so kleiner, je weiter sie von dem Hindernisse entfernt sind, da die Kräuselungsmarke auf der dem Strome abgekehrten Seite zugespitzt ist, was auf den Umstand zurückgeführt werden muss, dass der Stromschatten direkt hinter dem Gegenstande diesem an Breite gleichkommt, mit zunehmender Entfernung schmäler wird, weil sich die Wassermassen in einiger Entfernung von demselben wieder vereinigen.

Da die Kräuselungsmarken sich nicht gleichmässig bewegen, müssen wir darauf verzichten, ihr relatives Alter nach ihrer Entfernung zu bestimmen. Forel ist nämlich der Ansicht, dass diejenigen Gebilde die ursprünglicheren wären, welche von der Quelle am weitesten entfernt seien. Da, wo infolge kleinerer Hindernisse sich eine Wasserdüne gebildet habe, meint Forel, werde, nachdem diese stromabwärts gewandert sei, eine zweite unter denselben Bedingungen an demselben Orte entstehen. Diese werde durch den Strom wieder weiter transportiert; es könnte sich dann eine dritte, vierte bilden u. s. w.[1]) Zunächst wäre darauf zu entgegnen, dass Kräuselungsmarken auf sandigem Boden entstehen, der keine merklichen Unebenheiten aufweist. Wir haben gefunden, dass eine ganz geringe Ursache, wie eine etwas ungleichmässige Verteilung der gröberen Sandkörner, häufig die Veranlassung zu weiterer Ansammlung des Sandes und somit zur Bildung der Kräuselungen wird[2]), so dass Alter.

---

[1]) „Les mêmes actions, se répétant aux mêmes places, si par le fait du relief du fond, une dune (Wasserdüne) s'est développée à un point donné, il s'en formera une seconde au même endroit quand, par suite du déplacement normal de la dune, la première aura descendu le fil du courant. Il y aura donc formation d'une série de dunes semblables, équidistantes, se succédant de haut en bas du courant, les plus anciennes étant les plus basses dans le sens du courant."

[2]) Eine Sandablagerung vor dem Hindernisse findet, wie wir sahen, nur dann statt, wenn es sehr klein ist. Unbedeutende Niveauunterschiede sind aber im ganzen Rinnsale eines Gewässers vorhanden.

diese im Rinnsal des Baches an verschiedenen Stellen und zu gleicher Zeit entstehen müssen. Ferner können sich streckenweise, nämlich da, wo das Gefälle zu stark ist, gar keine Kräuselungsmarken bilden. Sobald die Sandfurchen so weit vorgerückt sind, werden sie vom Strome fortgerissen und zerstört; das Material, aus dem sie bestanden, wird zuerst später wieder, wenn die Stromgeschwindigkeit nachgelassen hat, bei dem Aufbau neuer Kräuselungsmarken beteiligt sein. So kann es vorkommen, dass die untersten Furchen die allerjüngsten sind.

Ablagerung der Sandkörner.

Was nun die Ablagerung der Sandkörner anbelangt, so konnte man bei den fluviatilen Kräuselungsmarken eine charakteristische Eigenschaft feststellen. Es fand sich nämlich, dass bei allen regelmässigen Gebilden die gröberen Sandkörner sich vorzugsweise auf der Leeseite ablagern. Diese Thatsache ist so auffallend, dass sie bei einer oberflächlichen Betrachtung schon konstatiert werden kann. Trotzdem wurden Sandproben von der Luv- und Leeseite mehrerer Kräuselungsmarken genommen.

Es ergab sich, dass auf der Leeseite grobe und feine Körner zur Ablagerung gelangten, während die Luvseite von feinerem Material bedeckt war, so dass die grössten Körner auf der Leeseite die auf der Luvseite um das 3—4-fache übertrafen[1]). Die kleineren Körner, so glaubten wir zuerst, würden von dem Strome leichter über den Kamm der Kräuselungsmarke gehoben und fortgeschwemmt, so dass sie auf der Leeseite überhaupt nicht zur Ablagerung gelangten, während die grösseren infolge ihrer Schwere daselbst herabfallen müssten und von dem Wirbel nicht mehr gehoben werden könnten. Längere und genauere Beobach-

[1]) Falls die Strömung sich jedoch in unmerklich langsamem Tempo vollzieht, werden keine Sandkörner transportiert; es werden alsdann nur noch die feinen im Wasser suspendierten Schlammteilchen verfrachtet, die sich vorzugsweise auf der Leeseite ablagern, da die Geschwindigkeit des Stromes daselbst nahezu null wird.

tungen setzten uns in den Stand, die wahre Ursache zu ermitteln. Zunächst bemerkten wir, dass sowohl die grösseren als auch kleineren Sandkörner von der Luv- nach der Leeseite gelangten, dass jene sogar eher über den Gipfel transportiert und nicht abgelagert wurden wie diese. Und trotzdem waren die gröberen Körner auf der Leeseite bedeutend grösser als die auf der Luvseite. Um diesen Widerspruch zu erklären, fasste man ein kleineres Sandkorn auf der Luvseite ins Auge, bis es zu wandern anfing. Es fand sich, dass es ziemlich langsam emporrollte, zuweilen an anderen Körnern haften blieb, dann von neuem sich zu bewegen begann, bis es die Leeseite erreichte. Diese Thatsache konstatierte man sehr oft, indem man immer andere kleinere Körner scharf ins Auge fasste. Dann beobachteten wir ein gröberes. Sobald es in Bewegung geriet, rollte es ohne Unterbrechung mit einer bedeutend grösseren Geschwindigkeit nach der Leeseite, so dass der ganze Weg von einer nach der anderen Seite in ganz kurzer Zeit, etwa in einer Sekunde oder in einem noch geringeren Zeitraume zurückgelegt wurde. Die grösseren Sandkörner sind zwar schwerer, aber sie bieten dem Strome eine grössere Angriffsfläche dar. Diese Thatsache kann uns jedoch den wahren Sachverhalt nicht erklären. Die Gewichte ähnlicher[1]) Sandkörner verhalten sich ja wie ihre Volumina und diese wieder wie die dritten Potenzen zweier entsprechender Kanten, während die dem Strome zugekehrten Flächen dem Quadrate derselben Kanten proportional sind; deshalb wäre bei dem Transport eines grösseren Kornes die Gewichtzunahme, welche eine Verzögerung in der Wanderung bewirkt, mehr in Betracht zu ziehen, als die Oberfläche, mit der die Beschleunigung zunimmt. Der Grund, weshalb die kleineren Körner trotzdem langsamer wandern, muss also ein anderer sein. Grobes und feines Material setzt die Kräuselungsmarken zusammen.

[1]) Es wird also angenommen, dass die einzelnen Sandkörner ihr Volumen vergrössern, die Form und das spezif. Gewicht beibehalten.

Der relative Widerstand, den die einzelnen Körner zu überwinden haben, ist deshalb sehr verschieden. Die feineren bleiben beim Emporrollen auf der Luvseite an den allerkleinsten Unebenheiten haften. Sie geraten oft in die kleineren Zwischenräume und verharren daselbst längere Zeit, bis die sie aufhaltenden Sandkörner wieder entfernt sind; die grösseren dagegen überwinden die Unebenheiten, indem sie über dieselben hinwegrollen. Da nun alle kleineren Sandkörner infolge der sich ihnen entgegenstellenden Hindernisse langsamer wandern, beziehungsweise ihre Bewegung auf der Luvseite unterbrechen, weist diese vorzugsweise feineren Sand auf; auf der Leeseite dagegen sammeln sich die grösseren Sandkörner an, da sie, sobald sie auf der Luvseite auftauchen, im Nu vom Fusse derselben bis zur Leeseite gelangen, wo ihre Ablagerung erfolgt.

Schichtung. Da die feinen Schlammteilchen bei geringerer, die groben Sandkörner dagegen bei grösserer Intensität der Bewegung sich ablagern, wäre eine Schichtung des Sandes nicht ausgeschlossen, falls die Stromstärke wechselte. Bei stärkerer Strömung würden sich an einer bestimmten Stelle nur die grösseren Körner niederschlagen, bei schwächerer dagegen die kleineren, da jene bereits oberhalb dieser Strecke infolge ihrer Schwere zur Ablagerung gezwungen wären. Wäre die Strömung wieder intensiver, so würde der Schlamm vom Sande bedeckt[1]). Eine solche Schichtung ist jedoch schwer zu konstatieren, da die Wasserbedeckung die Herstellung eines Querschnittes der Kräuselungsmarken nicht gestattet. Bei einer günstigen Gelegenheit erhielten wir jedoch mehrere Durchschnitte derselben im Kaltenbrunner Bache. Infolge eines heftigen Gewitters[2]) brach nämlich der Damm, der den Kaltenbrunner Bach einbettet. Um weiteren Schaden zu verhüten, wurde das Wasser oberhalb des Dammbruches

---

[1]) Seite 92.

[2]) In der Nacht vom 2.—3. April 1899.

abgeleitet, so dass das Bett trocken gelegt war. Mittelst eines kleinen Spatens teilten wir die Kräuselungsmarken in der Richtung des Stromes, so dass der Querschnitt uns einen Einblick in das Innere derselben gestattete. Wir sahen unsere Vermutung, dass bei den Sandfurchen eine ausgesprochene Schichtung möglich wäre, bestätigt. Bei einem Exemplare bestanden der Reihe nach folgende Schichten: Sand, Humus, Schlamm, Schlamm und Sand, Sand. Dieselben zeigten keine parallele, sondern eine diskordante Ablagerung, die vorzugsweise auf die Wanderung der Kräuselungen zurückzuführen wäre. Die Schichten auf der Leeseite rücken immer mehr nach dem Inneren der Kräuselung und nehmen dann zu den darüberliegenden Ablagerungen auf der Luvseite eine diskordante Lage an. Dass dies auch bei der Schichtung der Dünen zutrifft, mit denen die fluviatilen Kräuselungsmarken die wichtigsten Eigenschaften gemeinsam haben, soll später gezeigt werden, wenn wir die Bildung und Eigenschaften der aeolischen Kräuselungsmarken betrachtet haben.

c) Aeolische Kräuselungsmarken.

In seinem verdienstvollen, bereits citierten Werke berichtet Sokolow[1]), dass „die Ablagerungsweisen durch Wasser- und Luftwellen viel miteinander gemeinsam haben“, und an einer Stelle hebt er hervor, dass die Ablagerungen von Sedimenten unter Wasser und Wind im allgemeinen denselben Gesetzen gehorchen. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird vor allem durch einen Vergleich der fluviatilen und aeolischen Kräuselungsmarken bestätigt. Diese ähneln einerseits den fluviatilen Gebilden, andererseits den grösseren aeolischen Sandanhäufungen, den Dünen. Ihre Grösse entspricht der der unter fliessendem Wasser gebildeten Sandfurchen, mit denen sie zudem die wichtigsten Eigenschaften

Fluviatile u. aeolische Bildungen.

[1]) Seite 211.

gemeinsam haben; ausserdem sind sie aber auch mit den Dünen verwandt, zumal ihre Entstehung auf dieselbe Kraft, den Wind, zurückzuführen ist, so dass Walther die kleineren Windkräuselungen mit Recht als Miniaturdünen[1]) anspricht.

Vorkommen.

Aeolische Kräuselungsmarken sind von vielen Forschern beobachtet und beschrieben worden. Ihre Verbreitung ist so allgemein, dass gewiss „schon jeder die Gelegenheit gehabt hat, auf kahler lockerer Sandfläche kleinere, nahezu parallel verlaufende Sandwellen zu sehen." Ausserdem bedecken diese „kleineren Sandwellen" zuweilen die Oberfläche der Dünen, so dass sie auf die Richtung und Ablenkung des Luftstromes schliessen lassen und so in den Stand setzen, die Form der Dünen zu erklären. Ja selbst im Innern der Dünen sind Kräuselungsmarken konstatiert worden, ein Beweis dafür, dass sie auch als fossile Gebilde auftreten können; denn die Verfestigung des inneren Dünensandes zu Sandgestein ist häufig genug beobachtet worden[2]). So schreibt Sokolow: „Bei genauer Betrachtung merkt man manchmal eine schwache Welligkeit der Dünensandschichten. Sie ist dadurch entstanden, dass auf der ehemaligen Dünenoberfläche, wie auf der gegenwärtigen, durch die Wirkung des Windes sich der Sand in parallele Wellenreihen ordnete. Besonders deutlich tritt diese Erscheinung dann hervor, wenn der Sand der Wellenberge sich durch seine Farbe von den in den Wellenthälern abgelagerten scharf abhebt. So bestehen im nördlichen Jütland die Wellenberge aus weissen Quarzkörnern, während die Thäler mit schwarzem Titaneisensand bedeckt sind, so dass die Dünenoberfläche von weitem mit einem schwarzen Netz bedeckt erscheint."[3])

---

[1]) Forel nennt die fluviatilen Kräuselungen „Wasserdünen".

[2]) Seite 7 f.

[3]) Forchhammer, Geogr. Studien am Meeresufer, N. Jahrb. f. Min. etc. 1841, S. 7.

Die aeolischen Kräuselungsmarken entstehen auf dieselbe Weise wie die fluviatilen Gebilde. Zunächst ist ein kleiner Ansatzkern, wie bei diesen, erforderlich. An grösseren Hemmnissen häuft sich der Sand zu Dünen an; Kräuselungen bilden sich nur dann, wenn die Fläche vollständig frei ist von Hindernissen. Grössere Sandkörner oder ganz geringe Unebenheiten liefern dann den Ansatzkern für die kleineren Sandablagerungen. Die Bildung von Kräuselungen auf vollständig ebenem Terrain wird von Sokolow, Konschin und andern Forschern bestätigt, und Lyell schildert uns ihre Entstehung. Bei ihrer Bildung kommen, wie bei den in der Wellenrinne erzeugten Kräuselungsmarken, zunächst kleinere Sandanhäufungen („Sandflecken") in Betracht, die später zusammenwachsen und eine Kräuselungsmarke bilden. Lyell schreibt: „The restoration began by the appearance here and there of small detached heaps of sand, which soon lengthened and joined together, so as to form long sinuous ridges with intervening furrows." Entstehung.

Die Gestalt der Windkräuselungen ist dieselbe wie die der fluviatilen Gebilde. Bei jenen fällt dem Winde dieselbe Rolle zu wie dem permanenten Strome bei der Entstehung der im Rinnsal fliessender Gewässer sich bildenden Rippungen. Demgemäss ist auch, wie Lyell berichtet, die Luvseite weniger steil als die Leeseite. Jene wird sich schon aus denselben Gründen, welche bei der Ausgestaltung der flachen Luvseite der Dünen und der der fluviatilen Kräuselungsmarken massgebend sind, nicht so schroff gestalten. Bei einer steileren Böschung würde dem Winde eine allzu exponierte Fläche[1]) dargeboten, ein Umstand, der die Zerstörung der Kräuselung zur Folge hätte. Die Windseite wird vielmehr der Richtung des Luftstromes möglichst parallel werden, Gestalt.

---

[1]) Führer f. Forschungsr., S. 436: „Eine der Windrichtung entgegengesetzte Neigung des Bodens ist ihr (der Ablation) förderlich, weil der Stoss zu vollerer Geltung kommt."

da dieser die Ausbildung eines schroffen Absturzes daselbst[1]), wie später bei der Beschreibung der Dünenbildung ausgeführt wird, nicht gestattet. Die Leeseite der Windkräuselungen weist, wie die vieler Dünen in der Nähe des Kammes oder wie die der fluviatilen Gebilde, einen steilen Absturz infolge der erodierenden Wirbelbewegung auf. Weht der Wind aus der entgegengesetzten Richtung, so wird die Luv- sofort zur Leeseite umgestaltet und umgekehrt, so dass beide Seiten ihre Länge rasch vertauschen. Wenn der Wind nur 10 Minuten[2]) braucht, um aeolische Kräuselungen zu erzeugen, so ist er sicherlich auch imstande, bereits vorhandene Kräuselungsmarken in kurzer Zeit umzugestalten. Die in der Wellenrinne erzeugten Sandfurchen beweisen ja, dass bei jeder Phase der Oscillation Luv- und Leeseite (in Bezug auf ihre Länge) wechseln.

Die im Meere oder in Binnenseen entstandenen Kräuselungsmarken sind sehr oft[3]) ganz regelmässig; es ist daher, da Walther zahlreiche marine und aeolische Sandfurchen beobachtet hat, um so auffallender, dass er, wie er selbst berichtet, trotz eingehender Untersuchung keinen Unterschied zwischen beiden Arten zu konstatieren vermochte. Nach Walther „kommt den Windrippungen eine sehr verschiedene Gestalt zu; sie sind bald scharfkantig, bald rundlich im Querschnitt, oft ziehen sie in langen Linien parallel, oder sie verzweigen sich, so dass man alle Typen sympodialer und diachsialer Verästelung beobachten kann.“ Er geht jedoch nicht auf die Frage ein, ob aeolische Kräuselungsmarken bezüglich ihrer Seiten und Böschungswinkel symmetrisch sind oder nicht. Es ist daher sehr wahrscheinlich,

---

[1]) Seite 85 f.

[2]) Nach Lyell.

[3]) Allerdings findet man auch unregelmässige Kräuselungsmarken am Meeresstrande, wenn beispielsweise die Gezeitenströme bei ihrer Bildung beteiligt sind.

dass er diesbezüglichen Beobachtungen ferne stand[1]). Nach Lyell und allem, was über die Bildung der Kräuselungen vorher gesagt wurde, müssen auch die Windkräuselungsmarken unregelmässig sein.

Ihre Grösse wäre theoretisch von der Stärke des Windes, von der Gestalt und dem Volumen der Körner und von dem spezifischen Gewichte des Sandes abhängig. Genauere Untersuchungen über diese Faktoren liegen noch nicht vor. Die bei Sokolow angeführte Tabelle[2]) beweist aber, dass mit der Korngrösse die Höhe und Entfernung der Windkräuselungen zunimmt. Ihr Abstand beträgt nach Mellard-Reade im Maximalfalle 9 engl. Zoll (22—23 cm.)[3]), ihre Höhe durchschnittlich 1 1/2 Zoll (3 1/2—4 cm); die von J. Rae beobachteten waren nur 3 Zoll lang und ca. 3/4 Zoll hoch. Nach Walther schwankt die Länge der Windkräuselungsmarken zwischen 2 cm und 1 m. Ebenso berichtet Sokolow von Kräuselungsmarken, deren Entfernung 8 bis 120 cm und deren Höhe 10—100 mm betrug. Grösse.

Von der Grösse der Kräuselungsmarke ist, ebenso wie bei den Dünen, die Geschwindigkeit ihrer Wanderung abhängig. Diese nimmt mit der Stärke des Windes zu und ist umgekehrt proportional der Korngrösse, was durch die Beobachtungen Sokolows und Hellmanns bestätigt wird. Indessen darf die Stärke des Windes einen von der Korngrösse des Sandes abhängigen Grenzwert nicht übersteigen, da der Transport der Sandkörner bei allzu grosser Windstärke nicht mehr in Wellenreihen erfolgt. Die Bewegung des Sandes in Wellenreihen ist nur dann möglich, wenn der Wind nicht imstande ist, die Sandkörner emporzuheben. Dasselbe ist ja, wie wir sahen[4]), auch bei den unter Wasser Wanderung.

[1]) Walther nennt die Windkräuselungen übrigens „Miniaturdünen". Er gibt also zu, dass sie, ebenso wie die Dünen, verschiedene Seiten und Böschungswinkel aufweisen.

[2]) Sokolow, S. 18.

[3]) Ein engl. Fuss = 12 Zoll = 0,3048 m (1 Zoll = 0,0254 m).

[4]) Seite 92.

gebildeten Kräuselungen der Fall. Beträgt z. B. die Geschwindigkeit des Windes nach Sokolow nicht mehr als 4 m pro Sekunde, so bewegt sich der feinste Sand von unter 0,25 mm Korngrösse ausschliesslich in Wellenreihen. Die Wanderungen der Windkräuselungen vollzieht sich in derselben Weise wie die der fluviatilen Kräuselungsmarken.

Aus den Beobachtungen von John Rae bei Bundoran an der irländischen Küste und aus denen Lyells bei Calais ergibt sich, ebenso wie aus unseren eigenen Wahrnehmungen, dass auf der Luvseite Sandkörner entfernt werden, die auf der Leeseite wieder zur Ablagerung gelangen. So schreibt John Rae: „The forward movement of the ripples was evidently caused by sand being drifted from the weather sides, and deposed on their lee, and thus there was a progressive movement to leeward, more or less rapid according to the increase or diminution of the wind force.“ Diese von Rae beobachteten Sandrippungen befanden sich 20—30 Fuss über dem Niveau des höchsten Wasserstandes („above high-water-mark“) und wurden demgemäss vom Winde allein, ohne Einfluss der Meereswogen erzeugt. Ihre Geschwindigkeit betrug ca. 8—10 cm pro Minute. Auch Lyell bespricht die Bewegung der Windkräuselungen: „The mode of advance was by the continental drifting of grains of sand up the slopes ab and cd[1]), many of which grains, when they arrived at b and d[1]) fell over the scarps bc and de[1]) and were under shelter from the wind; so that they remained stationary, resting, according to their shape and momentum, on different parts of the descent, and a few only rolling to the bottom. In this manner each ridge was distinctly seen to move slowly on as often as the force of the wind augmented.“

Gruppierung. Beim Wandern der Kräuselungen ereignet es sich zuweilen, das einzelne derselben, obwohl sie ihre Gestalt im

---

[1]) ab und cd Luvseiten, b und d Kämme, bc und de Leeseiten.

allgemeinen beibehalten, schneller vorrücken, so dass sie, wie Lyell berichtet, die vorhergehenden einholen, gerade wie die Dünen auf ihrer Wanderung zusammenwachsen. Auf diese Weise kommt es zu einer Verästelung oder Bifurkation der einzelnen Kräuselungen, eine Erscheinung, die auf Sandsteinen häufig beobachtet wurde und bei der Gruppierung der Dünen ebenfalls vorkommt.

— — —

B. Dünen.

1. Entstehung des Dünensandes.

Herkunft des Sandes im allgemeinen.

Bei der Betrachtung der Dünen tritt zunächst die Frage an uns heran, woher dieselben das Material nehmen, das zu ihrem Aufbau dient. Die Beantwortung dieser Frage ist keineswegs so feststehend, als man bisher annahm. Es scheint vielmehr gerade hier ganz besonders angezeigt, vor dem generalisierenden Verfahren zu warnen. Eine Antwort, welche die Herkunft des Sandes für alle Dünen befriedigend zu erklären imstande wäre, ist unmöglich. Und doch hat man ehedem ganz allgemein angenommen, dass der Sand der Stranddünen, ja sogar der Kontinentaldünen dem Meere entstamme. Heutzutage ist es uns jedoch möglich, darüber genauere Auskunft zu geben. Es ist nämlich in jedem einzelnen Falle eine besondere Untersuchung erforderlich, um die Herkunft des Sandes, der die einzelnen Dünen oder ganze Dünengebiete bildet, festzustellen. Er wird dieselben Mineralien enthalten, wie das Gestein, aus dem er entstand. Was jedoch die relative Quantität derselben betrifft, so kann sie bei beiden sehr verschieden sein. So wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Dünensand stets mehr Quarz enthält als das Muttergestein oder der Meeressand[1]). Die feineren und leichteren Mineralien, wie der Glimmer und die Hornblende beim Granit, werden leichter zerrieben und weggeblasen, während die grösseren Feldspatstücke den Strand oft genug bedecken und vom Winde nicht weiter transportiert

---

[1]) Seite 5 f.

werden. Im allgemeinen wird auch die Farbe des Gesteins und des aus ihm entstandenen Sandes dieselbe sein.

Entstehung des Küsten- und Flusssandes.

Obgleich also eine genaue mineralogische Untersuchung erforderlich ist, um den Ursprung des Dünenmaterials zu bestimmen, so lässt sich im allgemeinen doch behaupten, dass dasselbe von der Küste und dem Festlande und nicht vom Meeresboden herrührt; hat ja doch Wheelers 2. Hypothese (die Wandersande an der Küste stammen vom Lande und nicht vom Meeresboden) als die einzige unter 8 von ihm aufgestellten Behauptungen bei der Versammlung der englischen Zivilingenieure keinen Widerspruch erfahren[1]). Ein Hauptsandbildner an der Küste ist das anstehende Gestein, das von der Brandungswoge unterwaschen, zerstückelt und zertrümmert wird. Gröberes Material, wie Grand und Gerölle, wird allmählich durch die Thätigkeit der Wogen zu Sand zerrieben. Dieser Vorgang wird begünstigt, wenn hinter dem Flachstrande sich eine Steilküste erhebt, die bei heftiger Brandung von dem Wasser noch erreicht wird. Sie liefert hinreichendes Material zur Zerstörung, das sich dann auf dem vorgelagerten Flachstrande ausbreitet; dagegen muss die Abrasion des Meeres an einer Flachküste ohne benachbarten Steilrand recht beschränkt sein, da der Stoss der Brandungswoge horizontal, also ziemlich parallel zur Küstenböschung, aber keineswegs, wie bei der Steilküste, senkrecht erfolgt. Dabei kommt noch ein weiterer Umstand in Betracht. Hagens Versuche[2]) bestätigen nämlich, dass die Anschwemmung, beziehungsweise Abtragung des Sandes vom Böschungswinkel der Küste abhängt.

---

[1]) Wheeler: Littoral Drift: in relation to river-outfalls and harbour-entrances, Minutes of Proc. of the Instit. of Civil Engineers, Bd. 125, (Pet. Mitt. 1897, Littb. No. 463).

[2]) Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Tl., 1863; Wellen auf ansteigendem Grunde, S. 91 f.

Eine Anschwemmung kann nur erfolgen, wenn der Böschungswinkel[1]) des Strandes weniger als 10° beträgt. Wird die Böschung steiler, so findet keine Ablagerung, sondern sogar eine Abtragung statt; denn die Geschwindigkeit der zurücklaufenden Wassermassen ist dann so gross, dass nicht nur der von der Welle emporgetriebene, sondern auch der die Flachküste bedeckende Sand beim Kentern der Welle mitgerissen wird und weiter unten zur Ablagerung gelangt. Geht also die sanft geneigte Küste in eine steilere über, so wird das Material an letzterer, falls sie von der Brandungswoge noch erreicht wird, abgetragen und weiter unten auf dem sanfter geneigten Abhange abgesetzt. Demnach stammt der Sand der Stranddünen nicht vom Meere, sondern vom Lande und zwar grossenteils von älteren Ablagerungen, die vom Meere unterwaschen und aufbereitet wurden.

Dass auch die Flüsse einen ganz beträchtlichen Teil des Dünenmaterials anschwemmen, ist hinreichend bekannt. Deshalb kann an der Küste auch eine Kombination verschiedener Sande stattfinden, die dann in dem Dünenmaterial wieder hervortritt. So besteht der niederländische Dünensand nach Retgers[2]) eingehenden mineralogischen Untersuchungen einerseits, und zwar grösstenteils, aus diluvialen Glacialablagerungen; andererseits finden sich aber auch Mineralien vor, die an den Ufern des Rheines und der Mosel zu Hause sind.

---

[1]) Die Grenze desselben richtet sich nach der Korngrösse des Sandes. Ebenso hängt die Anschwemmung von dem Winkel ab, unter dem die Brandungswoge die Küste trifft. Sie ist um so grösser, je senkrechter das Ufer von den Wellen getroffen wird. Bei tangentialer Wirkung kann sogar eine Unterspülung des Strandes und somit eine Abtragung stattfinden, was man z. B. bei der Kronstadter Bucht, deren einzelne Teile zur Brandungswoge verschiedene Lagen aufweisen, leicht konstatieren kann. (Sokolow, S. 31.)

[2]) Sur la composition du sable des dunes de la Néerlande. — Ann. Ecole Polytechn. de Delft, 1891 und Sokolow S. 296.

Der Sand, der die Flussdünen zusammensetzt, rührt natürlich ganz oder doch grossenteils von den periodischen Ueberschwemmungen her. Diese sind aber das Resultat klimatischer Einflüsse. Deshalb hängt auch das Vorkommen der Flussdünen von den klimatischen Verhältnissen ab, während das Auftreten der Stranddünen von denselben ziemlich unberührt bleibt, da jederzeit ein Anschwemmen des Sandes an der Meeresküste erfolgen kann.

Bedeutung der Gezeiten.

Die Ablagerung des Sandes am Meeresstrande wurde fast allgemein auf die Gezeiten zurückgeführt. Diese Annahme ist jedoch nicht ganz richtig. Bouthillier de Beaumont, der den litoralen Dünen im Südwesten Frankreichs eine marine Bildung zuschreibt, führt zur Begründung seiner Ansicht unter anderem auch die Thatsache an, dass die Gezeiten uns die Ansammlung von Sandmassen und deren Transport nicht zu erklären vermögen; deshalb braucht man aber keineswegs eine marine Bildung der litoralen Dünen Südfrankreichs anzunehmen, so zutreffend auch der Hinweis ist, dass die Gezeiten nur von geringem Einfluss auf die Sandablagerungen sind. Später soll auf Beaumonts Ansicht über die Bildung der in Frage stehenden Dünen eingegangen werden; einstweilen mag hier nur hervorgehoben werden, dass Beaumont mit Recht Widerspruch erhebt gegen die bisherige Behauptung, welche die Anschwemmung des Sandes als Folge der Gezeitenströme erklärt. Der Sand an der Küste braucht nämlich Tage lang, bis er trocken wird, da ihm einerseits vermöge seiner grossen Kapillarität die Feuchtigkeit von unten wieder zugeführt wird, und da er andererseits ausserordentlich hygroskopisch ist. Feuchter Sand kann aber, da er sehr hart ist, selbst von den heftigsten Stürmen nicht transportiert werden. Der Flachstrand bildet, wie wir uns am Badestrande von Borkum überzeugte, eine sanft geneigte Fläche, die so fest ist und bis zum Eintritt der Flut so hart bleibt, dass man nicht die geringsten Spuren eines Fusstrittes wahrzunehmen vermag. Es fehlt

in der Literatur nicht an diesbezüglichen Zeugnissen hervorragender Fachleute. So schreibt Sokolow: „Die Festigkeit des von der Flut entblössten Sandes ist so gross, dass er nicht nur dem Fusse des Wanderers nicht nachgibt, sondern auch von den Rädern eines schwer beladenen Wagens eine kaum merkliche Spur behält.“ In derselben Weise äussert sich Inostrantzew: „Die Festigkeit der bei der Flut blossgelegten Sandbank ist so gross, dass weder die Pferdehufe noch die Wagenräder eine merkliche Spur auf ihr zurücklassen.“ Somit müssen wir uns Beaumonts Ansicht, dass nämlich die Gezeiten nicht als die eigentlichen Sandspender aufzufassen seien, anschliessen.

Bedeutung der Wellen.

Die Anschwemmung des Sandes an der Küste ist auf aussergewöhnlich starke Wellen zurückzuführen. Die bei starkem Winde erzeugten Wogen wühlen am Flachstrande den Boden auf und erreichen, wenn die Flut eintritt, eine Höhe, die weit[1]) über dem mittleren Niveau des Meeres liegt. So werden über der gewöhnlichen Wassermarke durch die Wogen Sandmassen angeschwemmt, die, sobald der Sturm und die Wellen abgenommen haben, bei normalen Verhältnissen von der Flut nicht mehr erreicht werden. Diese Sandmassen haben Zeit zum Trocknen und können vom Winde nach dem Inneren des Landes geweht werden.

So sind nach einer Berechnung Sokolows infolge starker Wellen in der Bucht von Kronstadt an einem Tage nicht weniger als 80000 cbm Sand angeschwemmt worden. Bei starken Stürmen geschieht es nicht selten, dass an einem Tage mehr Sand zur Ablagerung gelangt, als im Laufe eines ganzen Jahres, und Günther[2]) weist demnach mit Recht darauf hin, dass sich Sandhügel auch an der Küste gezeitenloser Binnenmeere[3]) vorfänden.

---

[1]) Besonders bei der Springflut.

[2]) Lehrbuch der physikalischen Geographie S. 489, Anm. 1. Siehe ferner Sokolow, S. 50 f.

[3]) Beispielsweise an der Ostsee und an der Grossen Syrte.

Steigende u. sinkende Küsten.

Es ist nun selbstverständlich, dass der Sandreichtum am Strande nicht unerschöpflich ist. Es kann recht wohl der Fall eintreten, dass ursprünglich sandreiche Küsten im Laufe der Zeit aufhören, das zur Dünenbildung nötige Material zu liefern. Man hat oft genug behauptet, dass die steigenden Küsten die zur Dünenbildung geeigneteren seien, da sie stets neuen sandreichen Meeresboden entblössten. Die Erfahrung spricht aber dagegen; denn in Europa allein liegen nach Sokolow nicht weniger als 90% der Stranddünen an Küsten, bei denen eine positive Strandverschiebung konstatiert ist, und zudem sind die Dünen der letzteren durchweg die grösseren. Bei negativer Strandverschiebung kann nämlich leicht der Fall eintreten, dass die litoralen Sandablagerungen ersetzt werden durch sandfreie oder thonhaltige Sedimente, die infolge ihres Thongehaltes zu fest verkittet sind, so dass sie der Abtragung des Windes grösseren Widerstand leisten wie die früheren sandigen und thonfreien Schichten. Bei positiver Strandverschiebung dagegen wird der auf die Brandungswoge zurückzuführenden Abrasion ein ganz neues Arbeitsgebiet zugewiesen. Ein klassisches Beispiel bieten uns manche Dünenzüge am Finnischen Meerbusen. Durch die negative Strandverschiebung sind manche Dünenketten daselbst heutzutage zu Festlandsdünen geworden, da sie von der See keinen Sand mehr beziehen und durch einen 2—4 km breiten thonigen Küstensaum von derselben getrennt sind, der keine Dünen und keine Anschwemmungszone besitzt. Diese Sandhügel bilden sich jetzt auf Kosten der daselbst ausgebreiteten Glacialablagerungen fort, ebenso wie die Wüstendünen ihr Material nicht dem Meeresboden, sondern den zu Tage streichenden Gesteinen verdanken und sich heute noch auf Kosten derselben weiterbilden.

Entstehung des Wüstensandes.

Dass der Sand der Wüstendünen wirklich das Verwitterungsprodukt der zu Tage streichenden Gesteinsschichten

ist, wurde bereits hervorgehoben[1]). Zugleich wurden die Kräfte[2]) namhaft gemacht, welche die Wüstengesteine zerstören und abtragen. Die von so vielen Wüstenforschern beobachtete Zersetzung der Gesteine wird somit eine befriedigende Erklärung gefunden haben. Weitaus schwieriger ist es jedoch, eine vollbefriedigende Erklärung für die manchmal ganz absonderliche Verbreitung des Wüstensandes zu finden. So stellt v. Zittel fest, dass die Entstehung des in der Libyschen Wüste auftretenden Sandes in keiner Weise mit der Verwitterung des Untergrundes in Zusammenhang steht, da z. B. auf dem Kalkgestein daselbst Sandmassen lagern, deren Entstehung auf den Quadersandstein zurückzuführen ist, der nur im südlichen Teil der libyschen Wüste verbreitet ist. Dieser Sand ist nach v. Zittel „ein aus der Ferne stammender Fremdling[3]).“ Zunächst liegt die Annahme sehr nahe, dass der Wind den Transport des Sandes übernahm. Das mag auch in vielen Fällen zutreffen. Was aber speziell den Sand in der Lybischen Wüste anbelangt, so hat diese Annahme keine Berechtigung. Südwinde könnten uns den Transport des Sandes erklären. Heutzutage herrschen aber Nordwinde vor. Zudem bewegen sich die Dünen in der Libyschen Wüste so ungemein langsam fort, — die Eingeborenen können die Wanderung derselben kaum feststellen — dass es gewiss ungeheuer grosser Zeiträume bedurft hätte, bis der Sand auf eine Strecke von ca. 450 km von seinem Ursprungsgebiete gewandert wäre. v. Zittel nimmt daher an[4]), dass die Ausbreitung des Sandes hauptsächlich in der Diluvialzeit durch fliessendes Wasser erfolgt sei, dass die Sahara also ein viel feuchteres

---

[1]) Seite 2 ff.

[2]) Seite 2 ff.

[3]) Paläontographica XXX, I. II. S. 140.

[4]) Beitr. z. Geol. u. Palaont. der Lib. Wüste, Palaontographica XXX, I. Tl. 1883, S. 38 u. 140. ff.

Klima gehabt habe. Die Verbreitung des Sandes im Wüstengebiete kann auch den atmosphärischen Niederschlägen zugeschrieben werden. Diese sind zwar selten, aber sie finden deshalb eine um so grössere Masse lockeren Materials vor, das, so zu sagen, schon lange in Bereitschaft liegt, um bei der ersten Gelegenheit den Fluten des fliessenden Wassers zu folgen. Walther misst der transportierenden Thätigkeit dieser plötzlichen und deshalb um so heftiger wirkenden Regengüsse grosse Bedeutung zu, und ebenso berichtet auch Duveyrier, dass, nach manchen Anzeichen zu schliessen, bisweilen ganz gewaltige Regengüsse stattfinden müssten, welche das aufbereitete Material so weit verfrachteten. Dieses bilde dann den einzigen Kulturboden, welchen die Tuareg kennten („seules terres de culture que les Touareg connaissent"[1]). Selbstverständlich können da, wo die Wüste ans Meer, beziehungsweise an einen Binnensee herantritt oder von einem Flusse durchquert wird, allerlei Komplikationen eintreten. So sind bei der Bildung des Sandes in der Turanischen Niederung die verschiedensten Faktoren beteiligt: die Anschwemmung durch den Aral-See, durch die in denselben mündenden Flüsse und die Verwitterung des anstehenden Gesteines. Das Hauptmaterial der turkestanischen Dünen macht nach Muschketow allerdings das Material aus, das sich durch die Zerstörung der Kreide und des tertiären Sandsteines gebildet habe, so dass die Verbreitung der Festlandsdünen in Turkestan geradezu mit der der tertiären Sandsteine zusammenfalle. Die Abstammung des Sandes sei in der Turanischen Niederung schon an der Farbe zu erkennen: die aus Meeressand entstandenen Dünen seien weiss, die aus Flusssand zusammengesetzten aschgrau, die aus dem tertiären Sandstein gebildeten rötlich.

Zerstörung der Dünen.

Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass ältere Dünen bei ihrer Zerstörung sich wieder in Flugsand

[1]) Exploration du Sahara I. Les Tuareg du Nord 1864.

auflösen und somit das Material zu jüngeren Sandanhäufungen liefern. Die Zerstörung und das Wandern der Dünen wird in vielen Fällen durch die Ausrodung der Wälder veranlasst; wird ja doch durch die Abholzung von Sandsteingebirgen die Oberfläche derselben nach v. Richthofen[1]) selbst in klimatisch begünstigten Ländern in Sand aufgelöst, welcher weiter wandert, sich über fruchtbaren Boden verbreitet und die Ausdehnung der wüsten Gebiete vermehrt.

Schlussfolgerung.

Die bisherige Betrachtung zeigt, dass der zu Dünen angehäufte Sand vom Festlande stammt, ob er vom Meere, das die Küste untergraben und zerstört hat, wieder angeschwemmt wird, ob er fluviatilen Ursprungs ist, oder ob er durch die Verwitterung der Gesteine entsteht. Dass in einzelnen Fällen dem Dünenmaterial auch eine rein marine Bildung zukommen kann, soll dadurch nicht bestritten werden; berichtet v. Czerny[2]) ja doch, dass die Dünen auf der Ostseite von Oahu aus Korallensand bestünden. Jedenfalls aber ist dies eine nicht so allgemein verbreitete, sondern eine mehr lokal beschränkte Erscheinung[3]).

2. Verbreitung und Einteilung der Dünen.

Verbreitung.

Nach Kretschmer[4]) rührt der älteste Beleg für das Wort „Düne" erst aus dem Jahre 839 her. Dazumal berichtet der Bischof Prudentius von Troyes, dass eine Sturmflut die Sandwälle Frieslands, welche man Dünen nenne („quos dunos vocitant") durchbrochen und dem Erd-

---

[1]) „Geologie" in Neumayers „Anleitung z. wissensch. Beobacht. auf Reisen", S. 275.

[2]) v. Czerny: Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erde. Pet. Mitt. Ergänzungsband XI, 1876—77. No. 48, S. 27.

[3]) Walther, Einl. in die Geol. als hist. Wissensch. S. 930/31, 948, 950.

[4]) Die physikalische Geographie im christl. Mittelalter, S. 123, Anm. 1 (Geogr. Abh. herausgeg. von Prof. Dr. Penck in Wien. Band VI., Heft 1.)

Günther, Geophysik, II. Aufl. II. Tl., S. 615 f.)

boden gleichgemacht habe. Zudem hat man das Wesen der Stranddünen erst ziemlich spät erkannt, weshalb sie im frühen Mittelalter auch als Hügel bezeichnet wurden. Diese Thatsache ist um so auffallender, da diesen Gebilden eine allgemeine Verbreitung zukommt. Erklärlich wird sie allerdings durch die Annahme Reclus', dass ehedem alle Dünen Europas bewaldet gewesen seien. Deshalb unterschieden sie sich auch bei oberflächlicher Betrachtung in nichts von den gewöhnlichen Hügeln.

Dünen treten da auf, wo die Verhältnisse ihrer Entwickelung günstig sind. Drei Dinge sind für ihre Bildung unbedingt erforderlich: lockere und trockene Sandmassen, hinreichend starke Winde und merkliche Unebenheiten des Terrains. Wo diese drei Faktoren lokal vereinigt sind, kommt es zur Dünenbildung. Im vorliegenden Abschnitt wurde die Frage nach der Herkunft des Sandes beantwortet und ausgeführt, dass er an der Küste angeschwemmt, an den Ufern der Flüsse abgelagert oder durch die Verwitterung der Gesteine erzeugt wird. Da aber feuchter Sand von dem Winde nicht transportiert wird[1]) und die Bildung einer Vegetation die Befestigung des Sandes zur Folge hat, ist es erforderlich, dass die klimatischen Verhältnisse die Entwickelung der Pflanzen beeinträchtigen und das Trocknen des Sandes begünstigen. In der Wüste ist das Klima wie zur Bildung der Dünen geschaffen; in den Flussthälern trifft dies nur in beschränktem Masse zu. Deshalb werden die Flussthäler, welche klimatisch begünstigte Länderstriche durchqueren, stets frei sein von Dünen, wenn auch die Flüsse genügende Sandmassen mit sich führten.

Die Ströme, welche die norddeutsche Tiefebene durchziehen, sind reich an Sand, und zudem gestattet die Tiefebene den vorherrschenden West-, Nordwest- und Nordwinden ungehindert den Eintritt auf weite Strecken. Trotz-

[1]) Seite 109 ff.

dem treten in diesem Gebiete keine Dünen auf, da die atmosphärischen Niederschläge häufiger sind und das Klima keineswegs so kontinental ist wie z. B. im südlichen Russland, wo sich längs der Flüsse Don und Dnjepr Dünen weithin erstrecken. Weniger in Betracht kommen die klimatischen Verhältnisse bei der Bildung der Stranddünen. Daselbst herrschen kräftige Seewinde vor, welche das Trocknen des Sandes besorgen, und zudem verhindern die Meereswogen das Zustandekommen einer Vegetation, so dass der Sand im Gebiete der Anschwemmungszone nicht befestigt werden kann, sondern locker bleibt, und falls er durch die Winde getrocknet wird, landeinwärts fliegt. Die beiden anderen Faktoren, nämlich hinreichend starke Winde und merkliche Unebenheiten des Terrains, sind fast überall vorhanden, obwohl ihre Stärke und Häufigkeit, beziehungsweise Grösse ausserordentlich schwankt. Ihre Bedeutung für die Bildung der Dünen soll später gewürdigt werden.

Ob die Sandhügel in einem Gebiete eine grössere oder geringere Verbreitung haben, hängt wieder von all den Umständen ab, von welchen die drei erwähnten Dünen bildenden Faktoren beeinflusst werden. Wird die Bildung des Sandes örtlich eingeschränkt oder die Kraft des Windes gebrochen, so wird auch die Verbreitung der Dünen eine geringere sein. Im vorigen Kapitel wurde darauf hingewiesen, wie der Sand entsteht, und welche Küsten die Anschwemmung des Sandes, beziehungsweise die Abtragung desselben begünstigen. Auch die lokalen Verhältnisse im Inneren der Kontinente sind, abgesehen von den klimatischen, der Ausbreitung des Flugsandes mehr oder minder förderlich. So ist es geradezu selbstverständlich, dass die Dünen unter sonst gleichen Umständen in den den Winden geöffneten Ländern über grössere Flächen verbreitet sind, als da, wo Gebirge die Macht der Winde brechen und die Ausbreitung der Sandmassen einschränken. In eingeengten Flussthälern kommt es daher weit weniger zur Bildung von Dünen, als

im Bereiche solcher Gewässer, die sich durch breite Ebenen hinziehen. In diesem Falle kommt noch in Betracht, dass die Flüsse weitere Gebiete überschwemmen und daselbst das Material zur Dünenbildung absetzen. Ebenso darf auch der dritte Faktor bezüglich seines Einflusses auf die Verbreitung der Dünen nicht unterschätzt werden. Merkliche Unebenheiten des Terrains oder Hindernisse sind einerseits ein unbedingtes Erfordernis für die Bildung der Flugsandberge, andererseits können sie aber auch die Verbreitung derselben beschränken, besonders wenn sie in grösserer Menge auftreten, die Winde abschwächen und zur Ablagerung des Sandes zwingen.

Die Dünen kommen also überall vor, wo die drei erwähnten Bedingungen erfüllt sind. Wir finden sie an allen Flachküsten, die mit einer Anschwemmungszone versehen sind, an vielen Steilküsten mit vorgelagertem Flachstrande z. B. auf Jütland und Sylt, wo die Höhe der Steilküste 34 m beträgt, am Cap Trafalgar[1]) und auf Sardinien[1]) in einer Höhe von 150, respektive 400 m. In klimatisch weniger begünstigten Gebieten breiten sie sich im Inneren der Kontinente längs der Flüsse aus und schliesslich ganz besonders da, wo infolge der Ungunst des Klimas keine Pflanzenwelt, keine Humusschicht sich bilden kann, wo die nackten Gesteine anstehen oder der lockere Sand weite Flächen bedeckt. Dabei denkt man häufig genug nur an die grossen Wüstengebiete der aussereuropäischen Kontinente. Aber auch in unserem Erdteile kommen Dünen, die weder an die Küste, noch an die Flüsse gebunden sind, vor, so in Belgien in der sogenannten „Campine“ und in den Puszten Ungarns. Nach Wessely[2]) beträgt die Fläche der drei grössten Flugsandgebiete Ungarns zusammen nicht weniger als 237 Quadratmeilen oder ca. 13200 qkm.

---

[1]) Penck, Morphologie der Erdoberfläche, II. S. 48.
[2]) Der europäische Flugsand, 1873, S. 17 ff.

Einteilung. Je nach der Lage der Dünen und der Herkunft des Sandes unterscheidet man Strand-, Fluss- und Festlandsdünen. Selbstverständlich kommen auch Uebergänge zwischen den einzelnen Arten vor, so dass die Entscheidung, ob man es mit dieser oder jener Dünengruppe zu thun hat, oft schwer wird. So müssen die im Mündungsgebiete der Flüsse gelegenen Sandhügel, die ihr Material aus fliessenden Gewässern beziehen, dem Ursprung des Sandes nach als Flussdünen, der Lage nach aber als Stranddünen bezeichnet werden. Sandhügel, welche am Ufer von Binnenseen liegen, deren Wasserbestand periodisch wechselt, sind Stranddünen und Flussdünen zugleich; denn es spielen sich daselbst dieselben Prozesse ab wie an der Küste des Meeres und an den periodisch überschwemmten Flussufern. Besonders häufig tritt der Fall ein, dass zwei oder sogar alle drei Sandquellen das zum Aufbau der Dünen erforderliche Material liefern. Deshalb ist auch hier, ebenso wie bei der Frage nach der Herkunft des Sandes, in jedem einzelnen Falle eine besondere Untersuchung angezeigt. Trotzdem bleibt diese Einteilung doch noch die beste; denn einer anderen Gruppierung der Dünen z. B. nach Form und Gestalt lägen noch weniger scharf unterscheidende Merkmale zu Grunde.

3. Bildung und Form der Dünen.

Bedeutung der Dünen bildenden Faktoren. Obwohl die Dünen über weite Gebiete der Erde verbreitet sind und somit vielfach, sowohl an der Küste, als auch im Inneren der Länder die Gelegenheit geboten ist, ihre Entstehung und Form gründlicher zu studieren, so gehen doch nur wenige Arbeiten ausführlicher auf den bei ihrer Bildung in Betracht zu ziehenden Vorgang ein.

Ueber ihre Gestalt, Richtung u. dgl. wird uns von den meisten Beobachtern Ausführlicheres mitgeteilt; aber über ihre Entstehung liegen, wie gesagt, nur wenige zuverlässige Angaben vor. Am eingehendsten berichtet Sokolow in

seinem verdienstvollen Werke „Die Dünen; Bildung, Entwickelung und innerer Bau“ über den bei der Bildung der Dünen vor sich gehenden Prozess. Zudem stimmen seine Erklärungen mit den von uns seit langer Zeit angestellten Beobachtungen über die Entstehung und Veränderung der unter fliessendem Wasser gebildeten Kräuselungsmarken vollständig überein. Alle Arten dieser Gebilde finden sich auch bei den Dünen vor, und Forel bezeichnet deshalb mit Recht die im Rinnsale fliessender Gewässer entstandenen Kräuselungsmarken zum Unterschiede von den auf die alternierende Bewegung des Wassers zurückzuführenden Wellenfurchen mit dem Worte „dunes“. Bevor auf die Bildung der Dünen näher eingegangen wird, soll noch in aller Kürze erörtert werden, welche Rolle den dabei beteiligten Faktoren[1]) zukommt. Nach Walther[2]) wären vor allem massgebend: die Konfiguration des Bodens, ferner Kraft, Richtung und Sandgehalt des Windes; v. Richthofen bemerkt, dass die Einflüsse, welche der Anhäufung des Sandes zu Grunde lägen, noch nicht bekannt seien. Hypothetisch wären es: die Grösse und Gestalt der Sandkörner, die Formen der Oberfläche des Untergrundes und die Richtung des vorherrschenden Windes. Die Ansichten Walthers und v. Richthofens widersprechen sich nicht und lassen sich ganz gut mit einander vereinbaren.

Wie die Richtung des Stromes oder die der alternierenden Strömchen bei der Bildung der Sandkräuselungen zunächst zu berücksichtigen war, indem sich diese vorzugsweise senkrecht zu der sie erzeugenden Kraft ablagerten,

---

[1]) Das Vorkommen der Dünen ist, wie wir gesehen haben, gebunden an Gebiete, in welchem die drei bereits erwähnten Bedingungen vereinigt sind: trockene und lockere Sandmassen, hinreichend starke Winde und merkliche Unebenheiten des Terrains.

[2]) „Die Denudation in der Wüste und ihre geolog. Bedeutung,“ Bd. XVI der Abh. d. math. phy. Kl. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch., Leipzig 1891.

so kommt auch bei den Flugsandbergen die Richtung des Windes in Betracht. Ihre Lage hängt, wie wir sehen werden von der Richtung des Windes ab, und zudem ist es bekannt, dass die Sandhügel, sobald der Luftstrom wechselt, umgestaltet werden, vorausgesetzt, dass er kräftig genug ist.

Bei den Sandkräuselungen war ferner ein Hindernis, also die Bodengestalt massgebend; ebenso liefert der Untergrund durch seine Unebenheiten den Ansatzkern für den sich zur Düne anhäufenden Sand.

v. Richthofen erwähnt ferner noch als massgebende Faktoren die Gestalt der Sandkörner und deren Grösse. Sokolows Versuche bekräftigen v. Richthofens Ansicht. Aus Sokolows Versuchen und Beobachtungen in der Natur geht hervor, dass sowohl die Gestalt der Sandkörner, als auch ihre Lage dem Winde gegenüber, namentlich bei Unregelmässigkeit der Form, von der grössten Bedeutung für ihren Transport sein kann. Demnach ist die Verfrachtung des Sandes und somit der Sandgehalt des Windes von der Gestalt der einzelnen Körner abhängig, so dass v. Richthofens Ansicht durch die Behauptung Walthers, dass bei der Dünenbildung der Sandgehalt des Windes in Betracht zu ziehen wäre, nur bekräftigt wird. Derselben Ansicht ist Sokolow, wenn er sagt: „Die erste Bedingung ist selbstverständlich, dass ein Mangel an Sand das Wachstum einer Düne aufhalten kann". v. Richthofen erwähnt ferner der Grösse der Sandkörner, Walther der Stärke des Windes als weiterer massgebender Faktoren für die Dünenbildung. In der That, beide sind für dieselbe von wesentlichem Einfluss. Die Korngrösse kommt bei dem Transport durch den Wind und ebenso bei der Ablagerung des Sandes in Betracht, und beide, die Beförderung und Ablagerung grösserer, beziehungsweise kleinerer Sandkörner, sind selbstverständlich wieder von der Heftigkeit des Windes abhängig.

Aus dieser kurzen Betrachtung geht hervor, dass Walthers und v. Richthofens Ansichten über die bei

der Dünenbildung zu Grunde liegenden Faktoren absolut begründet sind, dass sich v. Richthofens Ansicht mit der Walthers recht gut in Einklang bringen lässt. Wie erwähnt, kann kein Zweifel existieren, dass die Bodenkonfiguration bei der Gestaltung der Dünen in Betracht zu ziehen ist. Walther und v. Richthofen heben diesen Faktor mit an erster Stelle hervor, und aus Sokolows gediegenem Werke geht hervor, dass die Hindernisse am Boden die allerersten Ursachen bilden für die Anhäufung von Sandmassen zu Dünen. Unregelmässigkeiten in der normalen Entwicklung der Düne sind zumeist auf die Terrainverhältnisse, ebenso wie bei den Sandkräuselungen, zurückzuführen. Beim Wandern der Dünen geschieht es nämlich, dass bald dieser, bald jener Teil am Boden infolge der grösseren Reibung an Hindernissen zurückgehalten wird, so dass sich allerlei Unregelmässigkeiten ergeben. Es fehlt nicht an Zeugnissen hervorragender Fachleute, die die Bedeutung der Terrainverhältnisse richtig würdigen, obwohl andere hinwiederum deren Bedeutung in Abrede stellen. Sokolow beobachtete auf ebenen Flächen niemals dünenartige Sandanhäufungen; ferner berichtet Hagen, dass der Wind, falls er auf eine glatte Sandfläche treffe, dieselbe ausebne, und Andresen erwähnt, dass er während seiner 25jährigen Beobachtungen niemals Dünen auf vollständig ebenem Terrain angetroffen habe. Ebenso käme auch nach Rolland[1]) das Relief des Terrains für die Sandablagerungen in Betracht, da der mit Sand beladene Wind an einem Hindernisse einen Teil desselben abgebe; Courbis[2]) jedoch teilt diese Ansicht keineswegs. Er schiebt die Ablagerungen des Sandes

---

[1]) Rolland sagt: „Les chaînes des dunes se trouvent surtout en relation avec le rélief du sol." (Bull. Soc. de Géogr. Paris 1886, p. 213). Rolland: „Les grandes dunes de sable du Sahara (C. R. Soc. de Géogr. Paris 1890, S. 158—164 u. Peterm. Mitt. 37, Littb. 803).

[2]) Courbis: „Les dunes et les eaux souterraines du Sahara," Ebenda.

der Bodenfeuchtigkeit zu[1]) und führt für diese Behauptung die Thatsache ins Feld, dass die Dünen in ihrem Innern feucht seien. Rolland schreibt die Dünenfeuchtigkeit den atmosphärischen Niederschlägen zu, und die Ausführungen Parrans[2]) scheinen Rollands Ansicht zu bekräftigen. v. Zittel[3]) führt die Wassermassen der artesischen Brunnen in der Libyschen Wüste ebenfalls auf atmosphärische Niederschläge zurück, und Walther bezeichnet die ziemlich verbreitete Ansicht, dass es in der Wüste an manchen Orten gar nie regne, als irrig[4]). Er betont, dass kein Teil der afrikanischen Wüste absolut regenlos sei, dass Strichregen zwar selten einträten, aber dann um so intensiver. Sokolow ist der Ansicht, dass der Sand als hygroskopischer Körper im hervorragenden Masse die Eigenschaft besitze, auch in regenlosen Gebieten, die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit zu verdichten, dass er andererseits, selbst in der Sahara, in einiger Entfernung von der Oberfläche wegen seiner ziemlich grossen Kapillarität sich feucht anfühlen müsse, da er das Grundwasser stets zu heben suche.[5]) Es kann demnach die Thatsache, dass die Bodenkonfiguration ein wesentliches Moment bei der Bildung der Dünen ausmacht, durch die Ansicht Courbis' nicht im geringsten er-

---

[1]) Die Bodenfeuchtigkeit unter trockenem Sande bestätigt Wilkinson: „Aus Sicklöchern saugen die Eingeborenen das Wasser durch ein Rohr in die Höhe, und zwar an solchen Stellen, welche an der Oberfläche den Eindruck trockenen Sandes hervorrufen." Peterm. Mitt. 1892, p. 73.)

Ebenso berichtet Forchhammer von dem Wasserreichtum der Dünen (Geogr. Stud. am Meeresufer, Neues Jahrb. f. Min. 1841, S. 5).

[2]) Nach Parran sammeln die Flugsandberge das Regenwasser und lassen es, falls sie auf einer undurchlässigen Schicht ruhen, als Quelle hervortreten. („Observations sur les dunes littorales de l'époque actuelle et de l'époque pliocène en Algérie et en Tunisie." Bull. Soc. géol. de France 1890, S. 245—252, und Peterm. Mitt. Bd. 37, Littb. No. 724).

[3]) Deutsche Rundschau f. Geogr. und Statistik, XIV. Jahrg., S. 13.

[4]) Seite 2 ff.

[5]) v. Richthofen, Führer f. Forschungsreisende S. 117.

schüttert werden, wenngleich Konschins Beobachtungen[1]) beweisen, dass auch die Feuchtigkeit des Bodens zur Bildung der Dünen beitragen kann. Selbst auf ebenem Terrain ist die Feuchtigkeit oft sehr ungleich verteilt. Die feuchten Stellen können daselbst den Ansatzkern für die Sandkörner bilden. Der Wind bemächtigt sich nämlich vor allem der trockenen[2]) Sandmassen, indem er dieselben wegweht und eine Mulde ausbläst, deren Material an feuchteren und erhabeneren Stellen schliesslich wieder aufgeschüttet wird. Es kann also der in Bewegung geratene Sand an feuchtem Untergrunde ebenso gut haften bleiben, wie an einem durch die Unebenheiten des Terrains gegebenen Hindernisse. Gegen Courbis' Annahme spricht ferner die Thatsache, dass Dünen auf absolut trockenem Kalkboden (z. B. die grossen Dünenketten zwischen El Golea und Quardhaia) vorkommen, und der Umstand, dass sich dieselben in ebenem Terrain um Oasen, wie Blanc[3]) berichtet, bildeten, dürfte ebenso wenig genügen, um v. Richthofens und Walthers Ansicht von dem Einflusse der Bodenkonfiguration[4]) auf die Dünenbildung zu widerlegen. Es ist natürlich, dass in diesem Falle, nämlich auf ebenem Terrain in der Nähe der Oasen, der Pflanzenwuchs die Unebenheiten des Terrains zu ersetzen vermag.

In der diesbezüglichen Literatur fehlt es nicht an Versuchen, der Bodenkonfiguration zu viel Anteil an dem Aufbau der Dünen zuzuschreiben; es tritt aber auch die Absicht in den Vordergrund, die Dünenbildung überhaupt auf keine Hindernisse zurückzuführen, indem man diese Erscheinung als marine Bildung zu deuten suchte. So weist

---

[1]) Sokolow, S. 175, Anm. 1.

[2]) Dieselben unterscheiden sich von dem feuchten Sande durch ihre hellere Farbe.

[3]) „La formation des dunes sahariennes.“ (C. R. Soc. de Géogr. Paris 1890, S. 363—372 und Peterm. Mitt. Bd. 37, Littb. No. 803).

[4]) Sokolow, S. 178, Anm. 1.

Vatonne[1]) der Bodengestaltung eine zu grosse Rolle bei der Entstehung der Dünen zu, wenn er glaubt, dass jeder Düne ein Berg entspreche. Walther bemerkt ganz richtig, dass die Figuren, welche Vatonne in seinem Werke gebe, doch nur bewiesen, dass sich an einem Felsen, ebenso wie an einer andern Unebenheit des Bodens, der Dünensand anhäufen könne. Vatonnes Ansicht dürfte insofern nicht zu verallgemeinern sein, als von vielen Dünenzügen bekannt ist, dass sie in der Richtung der herrschenden Winde sich langsam fortbewegen, was bei einem festen Kerne, wie wir sehen werden, ganz und gar ausgeschlossen ist. Andererseits fehlt es aber auch nicht an Versuchen, die Dünen als Resultat der Brandungswoge oder der Gezeiten zu deuten. So vermutet Stapff für gewisse südafrikanische Dünen trocken gelegte marine Sandbänke, und Bouthillier de Beaumont verleiht dieser Ansicht wenigstens für die litoralen Dünen im südwestlichen Frankreich energischen Nachdruck[2]). Beaumont bemerkt allerdings ganz richtig, dass das Zeitintervall zwischen Ebbe und Flut zu kurz sei, so dass der Wind nicht imstande sein könne, den feuchten, mit Salzwasser durchdrängten Sand zu transportieren[3]). Die Dünen zeigten ausserdem, wie Beaumont hervorhebt, an den Stellen, wo sie von der Eisenbahn durchquert würden, keinen Pflanzenwuchs im Innern, so dass sie nicht auf den Wind, der ohne Hindernis nur die Rolle des „Nivelleurs" spielen könne, („le vent est uniquement nivelleur") zurückzuführen seien. Und so schreibt Beaumont der Woge die Bildung der Dünen zu, die als Riffe entstanden seien, jetzt aber als aeolische Gebilde infolge der negativen Strandverschiebung erschienen. Besonders wären nach Beaumont die Gezeiten

---

[1]) „Mission de Chadamés", p. 253.

[2]) „Sur les formations des dunes et leur importance comme facies géologique et hydrographique", Archives des sc. phys. et nat. 3me pér. Bd. XVI, S. 383 ff.

[3]) Seite 109 ff.

massgebend, so dass der Aufbau der ehemaligen Sandbänke, der jetzigen Dünen, auf den Widerstreit zwischen der Flut und den sich in den Ozean ergiessenden Wassermassen der dortigen Flüsse (Garonne und Adour) zurückzuführen wäre.

Es fällt nicht schwer, Beaumonts und Stapffs Ansichten zu widerlegen. Sokolow hebt mit aller Entschiedenheit hervor, dass die Dünen rein aeolischen Ursprungs seien, dass sie in keinem Falle mit marinen Bildungen, selbst nicht einmal mit den unmittelbaren Sandanschwemmungen, mit den Küstenwällen verwechselt werden dürfen. Beide Gebilde weisen ja die charakteristischen Unterscheidungsmerkmale auf, was ihre Höhe, ihren inneren Bau, ihre horizontale und vertikale Gliederung anbelangt. Später werden wir näher auf diese Unterschiede eingehen. An Riffe kann ebensowenig gedacht werden. Die Sandbänke oder Riffe treten vor allem am Flachstrande unfern der Küste auf. Sie bewegen sich nach Hagen bei heftigen Stürmen der Küste zu, und sobald sie über das Wasser einigermassen hervorragen, sodass sie von der Flut nicht mehr erreicht werden können, „fliegt der Sand, aus dem sie bestehen, den Dünen und dem Lande zu.“ Mit der Wanderung der Riffe und ihrer Erhebung über die Oberfläche des Wassers, wird aber ihre Abtragung durch den Wind gleichen Schritt halten, so dass sie, sobald sie mit dem festen Strande verwachsen, sehr nieder sind und erst durch den Wind zu Dünen umgestaltet werden müssten. Beaumont weist ferner darauf hin, dass das Zeitintervall zwischen den beiden Gezeitenphasen zu kurz sei, so dass der feuchte Sand nicht trocknen und vom Winde nicht landeinwärts transportiert werden könne. Diese Behauptung Beaumonts beweist indessen nur soviel, dass die Gezeiten uns die Ansammlung von Sandmassen und deren Transport nicht erklären können[1]). Beaumont setzt ferner eine negative Strandverschiebung bei

[1]) Seite 109 ff.

der Bildung der Dünen voraus. Darauf ist zu erwidern, dass eine negative Strandverschiebung an der Südwestküste Frankreichs keineswegs erwiesen, dass vielmehr eine positive Strandverschiebung nach den bei Sokolow angeführten Thatsachen wahrscheinlich ist. Wenigstens stimmen alle Urteile darin überein, dass fragliche Küste auf der ganzen Linie zurücktritt. Uebrigens kommt — was Beaumonts Ansicht ebenfalls widerlegen könnte — gerade die positive Strandverschiebung der Dünenbildung zugut[1]), da die meisten europäischen Dünen (90%) an sinkenden Küsten liegen.

Der Umstand nun, dass Beaumont im Inneren der Dünen keine Pflanzen vorfand, kann ebensowenig zu Gunsten seiner Ansicht sprechen. Die Sandhügel wachsen bekanntlich auf ihrer Wanderung zusammen, so dass sie lange Ketten bilden, wie die Dünen, welche Beaumont im Auge hat. Deshalb ist es sehr leicht möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass die Eisenbahn das Dünengebiet gerade an solchen Stellen durchquert, wo keine Gesträucher waren.

Demnach kann die Behauptung, dass bei der Bildung der Dünen — gerade wie bei der Entstehung der Kräuselungsmarken — ein Ansatzkern in Betracht zu ziehen sei, weder durch Stapffs Vermutungen, noch durch Beaumonts Beweisführung widerlegt werden. Uebrigens scheint Beaumont seine Ansicht nicht generalisieren zu wollen; er spricht ja selbst von Dünen, die durch den Wind gebildet und transportiert werden („produites par les remous du vent, déposées par des tourbillons et reprises par lui pour les porter ailleurs.") Im allgemeinen bleibt Beaumonts Ansicht unhaltbar, da, wie vielfach berichtet wird, kleinere Dünen sich über Nacht bilden können. Nach Middendorff[2]) entstand eine Düne von 25 Fuss Höhe und 80 Fuss Breite in wenigen Stunden, so dass eine Poststrasse verlegt

---

[1]) Seite 111.
[2]) Mém. de l'Acad. Imp. de St. Pétersbg. XXIX, I, p. 33.

werden musste. Unebenheiten, welcher Art sie auch sein mögen, sind demnach bei der Bildung der Dünen massgebend. Es fällt diesem Dünen erzeugenden Faktor dieselbe Aufgabe zu, wie den gröberen oder zufällig aneinander haftenden Sandkörnern, die im Anfangsstadium der Kräuselungsbildung in Betracht kamen. Die Anhäufung von Sandmassen an Gesträuchern und Pflanzen ist die gewöhnlichere[1]), weshalb wir den dabei zu berücksichtigenden Vorgang schon deswegen näher beschreiben möchten, weil er zugleich die Ansammlung des Sandes an anderen, auch an undurchlässigen Gegenständen, hinreichend erklärt.

Anhäufung des Sandes.

Durchbrochene Gegenstände, wie Grasbüschel und Sträucher, wirken nämlich, sobald sie vom Sande bedeckt sind, wie geschlossene, nicht durchlässige Hindernisse, so dass die Weiterentwickelung in beiden Fällen derselben Art ist. Die Bildungsvorgänge sind im allgemeinen bei den Strand-, Fluss- und Festlandsdünen dieselben. Bisweilen kommen undurchlässige Hindernisse bei der Bildung der Dünen schon von Anfang an in Betracht; bisweilen sind es mehr oder minder durchbrochene Gegenstände, welche den ersten Ansatzkern für die Ablagerung der Sandmassen bilden. Am Strande verursachen gewöhnlich Sträucher die Ansammlung von Sandmassen; Bäume treten ja zuerst in weiterer Entfernung von der Küste auf. Da das Vorkommen der Flussdünen ein Klima erfordert, das der Entwicklung einer Pflanzenwelt nicht besonders günstig ist[2]), wird die Ablagerung des Sandes im Bereiche der Flüsse ebenfalls vorzugsweise an Sträuchern stattfinden. In der Wüste bilden Gesteinsblöcke, Verwerfungen und sonstige Unebenheiten, aber auch Pflanzen, besonders in der Nähe der Oasen, die zur Dünenbildung erforderlichen Hindernisse. Der Wind wird, wenn er das Geäste eines Strauches passiert, abge-

[1]) Wenigstens im Küstengebiete.
[2]) Seite 115.

schwächt, so dass er entweder vor oder hinter den Zweigen desselben einen Teil seines Sandes fallen lässt. So wird der Strauch eingegraben, und zwar zunächst auf der Luv- oder Leeseite. Es kommt dabei ganz und gar auf die Stärke des Windes und auf die Art des Hindernisses an. Ist der Wind kräftig und der durchbrochene Gegenstand nicht zu dicht, so dass er den Windstössen ausweicht, dann findet die Ablagerung des Sandes vorzugsweise auf der Leeseite statt. Dies ist besonders am Strande der Fall. Daselbst lassen die kräftigen Leewinde den Sand zuerst auf der Leeseite des Hindernisses sinken, weil die einzelnen Strandhaferbüschel, oder auch ganze Gruppen derselben, den verhältnismässig starken Winden nur geringen Widerstand leisten. Deshalb werden die Winde erst nach dem Passieren des Hindernisses derart geschwächt sein, dass sie den Sand verlieren. Ist das Hindernis jedoch dichter wie der an der finnländischen Küste weitverbreitete Wachholder, so wird der Wind schon auf der Leeseite durch das dichte Geäste dieses Strauches zum Teil seiner Sandmenge beraubt, so dass schon auf der Luvseite eine bedeutendere Ablagerung des Sandes stattfindet. Dasselbe ist auch zumeist bei der Bildung der Flussdünen der Fall, da im Gebiete der Flüsse der Wind selten die Heftigkeit erreicht wie an der Küste, so dass der schwächere Wind schon auf der Luvseite eines Grasbüschels oder Strauches seinen Sand verliert. In diesem Falle unterscheidet sich die auf der Luvseite abgelagerte Sandmasse bezüglich ihres Böschungswinkels von der Luvseite einer bereits entwickelten Düne. Während die Luvseite eines ausgebildeten Sandhügels 5^0—10^0 gegen den Horizont geneigt ist, übertrifft die Böschung der an der Luvseite eines Strauches abgelagerten Sandmassen anfangs sogar den normalen Aufschüttungswinkel des lockeren Sandes von ca. 35^0, da der Sand von dem Geäste gehalten und gestützt wird.

Die auf der Leeseite eines Strauches angewehten Sandmassen haben genau dieselbe Form wie die Kräuselungsmarken[1]), die sich hinter einem Hindernisse bilden und dem Strome gleichgerichtet sind. Direkt hinter demselben ist die Bewegung des Wassers, beziehungsweise des Windes am geringsten. Daselbst lagert sich der grösste Teil des Sandes ab; daher kommt es auch, dass beide Gebilde daselbst am breitesten und höchsten sind. Je weiter die angeschwemmte oder angewehte Sandzunge sich von dem Hindernisse entfernt, desto schmäler wird sie. Ihr Grundriss bildet, wenn keine weiteren Komplikationen hinzutreten, ein langgestrecktes gleichschenkeliges Dreieck, dessen Basis die dem Strome abgekehrte Seite des Hindernisses berührt. Der vertikale Querschnitt ist ebenfalls gleichschenkelig. Die Seiten eines solchen in der Richtung des Windes verlaufenden Zungenansatzes zeigen den natürlichen Böschungswinkel des lockeren Sandes, einen Winkel von ca. 30^0-35^0. Da die Richtung dieser Zungenansätze mit der des Windes übereinstimmt, nennt Sokolow diese Gebilde „Wetterfahnen". Ihre Gestalt ist ganz einfach zu erklären. Nach der dem Winde abgekehrten Seite laufen die Zungenansätze spitz zu, während sie direkt hinter dem Hindernisse am breitesten sind, weil hier der Windschatten die grösste Ausdehnung besitzt; in einiger Entfernung von dem Hindernisse vereinigen sich die Luftströmungen wieder, so dass der Sand daselbst weggeblasen wird und längs der Vereinigungslinie ein scharf zugeschnittener Grat entsteht. Die Ausdehnung dieser Zungenansätze ist vor allem von der Grösse des Hindernisses abhängig, was keiner weiteren Erklärung bedarf.

Solche auf der Leeseite eingegrabene Sträucher kann man an dünenreichen Küsten sehr oft beobachten. Auch in der Wüste ist die Erscheinung häufig genug konstatiert worden. Walther legt diesen Gebilden den Namen „Neu-

---

[1]) Seite 94 f.

linge" bei. Da das Gebüsch auf der Luvseite steht, kann man mit Recht auf die vorherrschende Windrichtung schliessen. Sobald die den Neuling bildende Pflanze, die Tamariske oder der Ethel [1]), abstirbt, verschwindet auch jener, falls der Wind kräftig genug ist, so dass wir hier dieselbe Erscheinung antreffen, wie bei den der Stromrichtung parallel laufenden fluviatilen Sandablagerungen. Man hat nun allerlei Uebergangsformen solcher Sandanhäufungen zu fertigen Dünen beobachtet, so dass wir diese angewehten Sandzungen als das Anfangsstadium der Dünen betrachten müssen.

Sobald der ursprünglich durchbrochene Gegenstand mit Sand bedeckt ist, wirkt er wie ein undurchlässiges Hindernis. Trifft der Wind gegen das verstärkte Hindernis, so wird die Luft vor demselben derart zusammengepresst, dass der Wind einen Teil des Sandes daselbst absetzt. „Die Sandanhäufung vor dem Strauche erfolgt" nach Sokolow „anfangs nur bei schwachem Winde, da ein stärkerer Wind den ganzen an der Luvseite abgelagerten Sand fortblasen und hinter dem Busche ablagern würde" [2]). Die vor dem Hindernisse komprimierte Luft entweicht nach beiden Seiten, so dass sie zwischen dem Strauche und dem Sandhügel einen Graben aushöhlt [3]). Zunächst bleibt der Sand von dem Strauche durch diese Rinne getrennt. Wir haben wiederholt im Rinnsale des Kaltenbrunner Baches analoge Versuche angestellt; dieselben können die Erklärung über die Grabenbildung nur bestätigen. Wir brachten Steine auf den Boden des Baches und konnten sofort die Bildung einer Rinne vor dem Hindernisse konstatieren. Die ungemein lebhafte Bewegung der Sandkörner nach beiden Seiten bewies, dass der Strom den Stein so rasch umfloss, dass er auf der

---

[1]) Nach Rohlfs (Peterm. Ergänzh. XXV, 1868, S. 12.) Siehe ferner Seite 92 f.

[2]) Dasselbe bestätigen die fluviatilen Sandanhäufungen (S. 90 u. 91.)

[3]) Hagen, Handbuch der Wasserbaukunst, 3. Tl.: Das Meer § 28, Wirkung des Windes auf den Sand, S. 149—172, Berlin 1863.

vorderen Fläche erodierend wirkte und einen Graben erzeugte[1]. Die zwischen dem angewehten Sande und dem Hindernis entstandene Rinne verschwindet allmählich, so dass bei einer ausgebildeten Düne von der grabenartigen Vertiefung nichts mehr zu bemerken ist. Bei einer in ihrer Entwicklung noch nicht abgeschlossenen Düne können die Reste dieses Grabens häufig als Knick konstatiert werden. Um nun auf die Weiterentwickelung der Dünen zurückzukommen: zunächst lagert sich der Sand in einiger Entfernung von dem nicht mehr durchbrochenen Hindernisse ab. Diese Sandmasse wächst immer mehr und mehr, so dass zunächst die sanft geneigte Luvseite der Düne vollständig ausgebildet wird. Dann aber kann der Luftstrom vor dem Hindernisse nicht mehr zusammengepresst werden[2]) sondern er steigt vielmehr an der flachen Luvseite empor und treibt die Sandkörner auf der schiefen Ebene hinauf, bis sie dann von oben herab in den Graben träufeln und denselben allmählich ausfüllen.

Dadurch, dass die Sandkörner, wie bei den fluviatilen Kräuselungsmarken[3]), die Luvseite emporrollen und an der Leeseite herabfallen, rückt der Kamm der Düne langsam in der Richtung des Windes vor. Zuerst wenn er weit genug gewandert ist, kann sich auf der ehedem flach verlaufenden Leeseite die steile Böschung bilden, welche eigentlich die dem Winde abgekehrte Seite einer ausgebildeten Düne charakterisiert.

Der Gipfel der Düne muss nämlich ungefähr bis zum letzten Drittel der ursprünglichen, sanft geneigten Leeseite vorgeschritten sein; dann erst kann sich der von dem Dünenkamm herabfallende Sand seinem natürlichen Böschungswinkel gemäss ablagern und somit den steilen Abhang auf

---

[1]) Seite 89 ff.

[2]) Die Stauung des Windes auf der Luvseite ist nur dann möglich, wenn diese recht steil geneigt ist.

[3]) Seite 93.

der von dem Winde nicht bestrichenen Seite ausgestalten. In der Regel vollzieht sich dieser Prozess ganz allmählich. Er kann aber auch plötzlich zum Abschluss gelangen, nämlich dann, wenn ein heftiger Sturm einen grossen Teil des Materiales mit einem Male auf der Luvseite wegräumt und auf der Leeseite aufschüttet.

Vertikale Gliederung der Dünen.

Die Rolle, welche bei der Erzeugung der Kräuselungsmarken der Welle mit ihren alternierenden Bewegungen oder auch dem permanenten Strome zufällt, wäre bei der Dünenbildung dem Winde[1]) zuzuschreiben. Je nachdem derselbe fast das ganze Jahr hindurch die gleiche Richtung behält oder nicht, wird die Gestalt der Dünen variieren. So schreibt Sokolow: „Wiewohl an Meeresküsten bekanntlich Seewinde vorwalten, so kommen doch ab und zu Landwinde vor, welche die regelmässige Bildung der Dünen beeinträchtigen, indem sie jeden ihrer Abhänge bald zur Luvseite, bald zur Leeseite gestalten.“

Daher kommt es, dass diese den unsymmetrischen, beziehungsweise den regelmässigen Kräuselungen ähneln. So

---

[1]) In neuerer Zeit wurde der transportierenden Thätigkeit des Windes in der innerasiatischen Wüste durch F. v. Richthofen Rechnung getragen. Ausserdem führt Walther eine Reihe von Beweisen und Zeugnissen für die forttragende Wirkung des Windes in seinem genannten Werke an, und Brackebusch sucht die mächtigen Flugsandablagerungen in den Hochthälern von Antofagasta auf Fallwinde zurückzuführen. (Ueber die Bodenverh. des nordwestl. Teiles der arg. Republ. mit Bezugnahme auf die Vegetation, Peterm. Mitt. 1893, S. 153.) Siehe ferner: Deutsche Rundschau f.. Geogr. u. Stat. 12. Jahrg., S. 148. In den arktischen Gegenden äussert sich diese Wirkung des Windes insofern, als er ungeheure Mengen von Schnee, der wegen der niederen Temperatur sich nicht verdichten kann, nach den südlichen Gegenden entführt, so dass daselbst im Frühjahre, wenn der Schnee schmilzt, eine Temperaturerniedrigung stattfindet: „La quantité d'eau déplacée à l'état gelé dans ce courant doit être comparable à la masse d'eau des plus grands fleuves de la terre et jouer . . . . . . un rôle assez grand pour attirer l'attention des météorologistes.“ (Arch. phys. etc. Bd. XV, S. 523—533, „Sur le Chasse—Neige dans les Régions Arctiques“ von Andrée.)

hat Forel Dünen beobachtet, die infolge der alternierenden Luftbewegungen den Charakter der symmetrischen Kräuselungsmarken verrieten (bei Cette und am Cap Brescou am Mittelmeer, am Atlantischen Ozean bei Bayonne und Arcachon), andererseits auch wieder solche, welche mit den Wasserdünen zu vergleichen waren (an der Mündung des Adour und bei Biarritz am Atlantischen Ozean). Dünen mit ungleichen Seiten und Winkeln sind zweifellos die gewöhnlichen, da für einen bestimmten Ort eine bestimmte Windrichtung in der Regel die vorherrschende ist. Zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, dass die Dünen gewöhnlich, was ihren vertikalen Querschnitt anbelangt, unsymmetrisch gestaltet sind, dass sie eine kurze, steil herabfallende und eine lange, sanft geneigte Seite aufweisen, so dass Abweichungen von dieser Regel als verhältnismässig selten wiederkehrende Ausnahmen zu betrachten sind.

An der Küste wechselt der Wind allerdings; es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Seewind, dem sich keine Hindernisse entgegenstellen, an Intensität den Landwind übertrifft, der durch die Bodenkonfiguration, durch die Kulturanlagen bedeutend geschwächt wird. So erwähnt Sokolow (S. 10) einerseits, dass die Geschwindigkeit des Seewindes wegen der geringen Reibung an der Oberfläche des Meeres grösser sein müsse als die des Landwindes; andererseits hebt er (S. 75) hervor, dass die regelmässige Gleichartigkeit im Profile der Dünen auf das ausschliessliche Vorherrschen der Seewinde zurückzuführen sei. Wie bei den Kräuselungsmarken im fliessenden Wasser der sanft geneigte Abhang stets der Luvseite entspricht, ebenso zeigt die Düne auf der Stossseite des Windes eine längere Seite mit kleinerem Einfallswinkel gegen den Horizont. Die Leeseite ist dagegen wie bei den Stromkräuselungen die kürzere und steilere[1]).

[1]) Siehe: Sievers, Afrika S. 178, Günthers „Geophysik" Bd. II, 2. Auflage, S. 616—619 und „Lehrbuch der „physikalischen Geographie", 1891, S. 490, v. Richthofens „Führer f. Forsch.", S. 445.

Die Thatsache, dass die Luvseite weniger steil geneigt ist als die Leeseite, ist unseres Erachtens ebenso wie bei den Kräuselungsmarken, auf die gleichmässige Verteilung des Sandes durch die die Düne bildende Kraft zurückzuführen. Bouthillier de Beaumont bezeichnet nämlich den Wind als „Nivelleur“, und Sokolow schreibt: „Obwohl der auf lockeren Sand wirkende Wind, wie das Wasser, die Oberfläche des Bodens zu ebnen strebt, kommt dieses Bestreben doch nur da zur Geltung, wo keine Gegenstände die Bewegung der Sandkörner aufhalten. Anderen Falls häuft sich der Sand an solchen Hindernissen an.“

Sokolow spricht also von der nivellierenden Thätigkeit des Windes und des Wassers, allerdings bloss in dem Falle, dass sich beiden Kräften keine Hindernisse entgegenstellten. Wir vertreten indessen die Ansicht, dass Wind und Wasser diese ihre ebnende und ausgleichende Wirkung auch da beibehalten, wo sie auf Hindernisse treffen, dass selbst die Thatsache, dass eine Düne über ihren Ansatzkern hinauswächst, diese Meinung nicht zu widerlegen imstande ist. Und so möchten wir denn die Bildung der flachen, sanft geböschten Luvseite auf die nivellierende Thätigkeit des Windes zurückführen. Derselbe hat, wie angedeutet, im allgemeinen das Bestreben, den Sand horizontal auszubreiten, so dass alle Hohlräume ausgefüllt werden und die allzu schroffen Abstürze verschwinden. Wenn beispielsweise ein Strauch auf einer horizontalen Ebene sich erhebt, so ist einerseits ein Niveauunterschied, andererseits ein Hohlraum zwischen dem Strauche und der Ebene gegeben. Der Wind ist nun bestrebt, diese unvermittelte Höhendifferenz auszugleichen und den Hohlraum auszufüllen. Deshalb wird der Sand so abgelagert, dass die horizontale Ebene in einer sanft geneigten Kurve bis zum Gipfel des Hindernisses emporsteigt. Eine steile Böschung auf der Windseite ist also unmöglich. Bei einem schroffen Absturze wäre ja wieder ein Hohlraum und zugleich ein Hindernis vorhanden. Es müsste deshalb

vor der steilen Luvseite der Sand von neuem aufgeschüttet werden, und dieser Vorgang müsste sich so lange wiederholen, bis die horizontale Ebene ganz allmählich in die nach dem Gipfel des Hindernisses sanft emporsteigende Kurve übergeht. Wie angedeutet, kann die von uns vertretene Ansicht durch die Thatsache, dass die Düne über ihren Ansatzkern emporwächst, nicht widerlegt werden. Dieser Vorgang beruht nämlich auf dem Konflikte zweier Luftströme. Am unteren Teile einer Düne wird der Wind durch deren Abhang nach oben abgelenkt. Der aufsteigende Luftstrom schwächt nun die in horizontaler Richtung in Bewegung begriffenen, oberen Luftteilchen ab, so dass am Gipfel des Hindernisses eine weniger energische Bewegung eintritt und die Sandkörner zur Ablagerung gelangen können [1]). Da die Leeseite einer Düne vom Winde nicht berührt wird, kann seine ausgleichende Thätigkeit nicht zur Geltung kommen. Bei wechselnder Richtung macht sich der Wind wieder als Nivelleur sofort bemerkbar, und die Lee- wird zur Luvseite umgestaltet. Im Windschatten einer Düne wirkt keine weitere Kraft als die Attraktion der Erde, so dass die Sandkörner, dem natürlichen Böschungswinkel des trockenen Sandes gemäss, sich ablagern. Was die vertikale Gliederung anbelangt, so gleichen die verschiedenen Arten der Dünen einander viel mehr [2]) als in Bezug auf ihre Horizontalprojektion. Sie zeigen eine sanft geneigte, harte Luv- und eine kurze, steil herabfallende, lockere Leeseite. Jene ist bedeutend härter, da der Wind daselbst einen permanenten Druck ausübt, während man im lockeren Sande auf der Leeseite frisch gebildeter Dünen knietief einsinkt. Die Luv-

---

[1]) Da die Kraft des Windes gebrochen ist, kann ihm auch die Rolle eines „Nivelleurs" nicht mehr zufallen.

[2]) Sokolow schreibt: „Das Profil der Luvseite und der Leeseite ist bei allen Dünen gleich, unabhängig von der Verschiedenheit im Grundriss."

seite ist in ihrem unteren Teile nach oben konkav gekrümmt[1]). Der horizontal streichende Luftstrom trifft nämlich im unteren Teile der Düne direkt auf den Sand, so dass er diesen wegbläst und infolge seiner erodierenden Thätigkeit den konkaven Teil[2]) der Windseite ausgestaltet. Derselbe geht allmählich in eine konvexe Ausbuchtung über, da im oberen Teile der Düne der Sand wieder zur Ablagerung gelangt, indem der an der Luvseite nach oben abgelenkte Luftstrom die oberen, in horizontaler Bewegung begriffenen Luftteilchen abschwächt und zur Abgabe ihres Sandes zwingt[2]). Die Böschungswinkel sind häufig überschätzt worden. Der auf der Luvseite beträgt 5⁰—10⁰, der auf der Leeseite entspricht nach Muschketow und Sokolow der natürlichen Böschung des trockenen Sandes und wird demgemäss von beiden auf 30⁰—40⁰ angegeben, was die zahlreichen einschlägigen Beobachtungen anderer Forscher auch bestätigen[3]). Angaben, die den Neigungswinkel der Leeseite auf mehr als 40⁰ beziffern, beispielsweise auf 60⁰ oder 80⁰, wie Middendorff und Meyen[4]) berichten, beruhen zweifellos auf einer oberflächlichen Beobachtung, auf blosser Schätzung, wie man ja die Böschung eines Berges zu überschätzen geneigt ist.

Demnach ist die Luvseite der Dünen sanfter geneigt als die Leeseite. Jene weist am unteren oder mittleren Teile, je nach der Stärke des Windes, eine konkave Krümmung auf, die im oberen Teile in die konvexe Ausbuchtung übergeht; dagegen entspricht die Böschung der Leeseite dem Ablagerungswinkel des trockenen Sandes. Es können aber

---

[1]) Diese konkave Krümmung wurde von vielen Forschern konstatiert. Sokolow glaubt sogar, dass Forscher, welche der konkaven Einbuchtung der Luvseite nicht erwähnten, die Dünenform nicht genügend genau beobachtet hätten.

[2]) Je stärker der Wind, desto grösser ist die Einbuchtung, und um so weiter erstreckt sie sich zum Gipfel der Düne.

[3]) Siehe ferner Sokolow, S. 75/76, 82/83, Peterm. Mitt. 1898. S. 9, Peterm. Mitt. Ergh. 126, S. 12.

[4]) Nach Meyen (Reise der Prinzessin Luise II, p. 43) 15⁰—80⁰.

auch Ausnahmen vorkommen; die wichtigsten werden später besprochen.

Dagegen soll an dieser Stelle auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die vielfach beobachtet wurde und ziemlich allgemein zu sein scheint. Die Wölbung des Gipfels der Dünen geht entweder, auf der Leeseite immer steiler werdend, allmählich in den schroffen Abfall derselben über, oder sie ist durch einen scharfen Knick[1]), nach v. Richthofen[2]) und v. Zittel[2]) sogar durch einen fast senkrechten Absturz von ihr getrennt. Auch bei den Barchanen, den kleinen sichelförmigen Dünen der Wüste, deren Form und Entstehung uns später noch beschäftigen wird, ist „ein mehr oder weniger ausgeprägter Abbruch zwischen dem oberen und unteren Teile der Leeseite“[3]) zu konstatieren. Die Höhe dieses Abbruchs[4]) ist bei den Barchanen verschieden und erreicht bisweilen nahezu die ganze Höhe der Leeseite; bei den Dünen der Libyschen Wüste beträgt sie 2—3 m. Dieser Knick, bezw. Absturz am oberen Teile der Düne tritt besonders dann auf, wenn die Winde aus derselben Richtung wehen. Wo diese aber häufig wechselt, geht der Gipfel der Düne allmählich in die Leeseite über. Bis jetzt haben wir noch keine befriedigende Erklärung dieser Thatsache gefunden.

Wir erinnern uns, dass die beiden Seiten einer unter Wasser gebildeten Sandfurche durch einen scharfen Grat von einander getrennt sind, dass an der dem Strome abgekehrten Seite ein Wirbel thätig ist, der den steilen Abhang

---

[1]) Sokolow, S. 82, 218.

[2]) v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende S. 445.
v. Zittel, Paläontographica XXX, I, S. 138. — Walther, Einleitung etc., S. 635.

[3]) Sokolow, S. 165.

[4]) Der Böschungswinkel desselben beträgt nach v. Richthofen und v. Zittel bei den Barchanen ca. 60°, bei den Dünen der Lybischen Wüste nahezu 90°.

daselbst ausgestaltet und dafür Sorge trägt, dass die Kräuselungsmarke nicht zerstört wird. Ein ähnlicher Vorgang mag sich auch abspielen bei der Bildung des steilen Absturzes am oberen Teile einer Düne. Sobald sich nämlich der Wind erhebt, steigen am Gipfel des Barchans Sandwolken empor, welche diesem das Aussehen eines rauchenden Vulkans verleihen. So berichtet v. Zittel[1]), dass der Wind zuweilen feinen Sand am Kamme der Dünen emporwirbele. Es muss sich daher dem am Luvabhange der Düne emporstrebenden Winde eine zweite wirbelartige Luftströmung entgegenstellen, die ohne Zweifel durch erstere erzeugt wird und als Kompensationsstrom zu betrachten ist[2]). Sokolow konstatierte eine derartige wirbelartige Bewegung der Luft auf der Leeseite der Dünen, und ein Seidenfaden, den Hellmann an einer Stange anbrachte, die er im Windschatten eines Barchans aufstellte, verwickelte sich infolge der wirbelartigen Bewegung der Luft. Diese Wirbel wurden durch den den Barchan von der Seite her umspülenden Luftstrom erzeugt. Ebenso gut kann aber auch der obere über die Düne streichende Luftstrom Wirbel hervorrufen, die ganz genau den Darwinschen Wirbeln entsprächen, und die wir überdies bei den fluviatilen Kräuselungsmarken sehr oft konstatiert haben. Daselbst war der in seinem unteren Teile dem Strome entgegen-, im oberen Teile aber gleichgerichtete Wirbel so kräftig, dass er Sandkörner dem

---

[1]) Peterm. Mitt. Bd. 20, 1874, S. 185. Siehe Walther, Einleitung etc. S. 792.

[2]) Man kann sich von dem dabei in Betracht kommenden Vorgang leicht überzeugen, wenn man die hinter einen Gegenstand, etwa hinter ein Buch (auf die Leeseite) gestreute Asche von der entgegengesetzten Seite (Luvseite) wegzublasen sucht. Die Aschenteilchen werden sich dem Gegenstande nähern. Diese Thatsache beweist, dass der primäre Luftstrom eine sekundäre Strömung auf der Leeseite erzeugt, die ihm entgegenwirkt. Es werden zunächst die obern Luftteilchen auf der Leeseite des Buches durch den ursprünglichen Strom mitgerissen. Um sie zu ersetzen, strömt die Luft dem Buche zu, so dass die Aschenteilchen ihr zu folgen suchen. Es ist ein Prozess, wie ihn die Physiker als „negativen Seitendruck“ kennen.

Strome entgegenführte, die sich bereits am unteren Teile der Luvseite der zunächst folgenden Kräuselungsmarke abgelagert hatten. Da, wo diese beiden Luftströme, der primäre und sekundäre, sich nähern und schliesslich vereinigen, wird der Staub in die Höhe getrieben. Der wirbelartige Kompensationsstrom ist jedenfalls die Ursache, weshalb ein Einschnitt oder ein jäher Absturz am Gipfel der Düne zur Ausbildung gelangt. Er ist imstande, durch Erosion einen steilen 2—3 m hohen Absturz zu erzeugen[1]), so dass erst unterhalb desselben der Sand, seinem natürlichen Böschungswinkel entsprechend, zur Ablagerung gelangen kann.[2]) Es ist klar, dass der Fortbestand des Absturzes am Kamme der Düne nur so lange garantiert ist, als der Wind seine Richtung beibehält. Wechselt er aber, so wird auch die Düne keine ausgesprochene Luv- und Leeseite mehr aufweisen. Ein steiler oder geradezu senkrechter Absturz wird dann für den Wind ein Hindernis bilden, vor dem die Sandmassen haften bleiben, ein Umstand, der das Verschwinden des Absturzes zur Folge hat; es tritt dann selbstverständlich der Fall ein, dass die Wölbung des Gipfels allmählich in die steilere Leeseite übergeht.

Was den Knick am oberen Teile der Düne anbelangt, so mag derselbe den Rest des vor dem Hindernisse sich bildenden Grabens vorstellen. Wir haben bereits gesehen, dass diese Rinne aber ganz verschwindet, sobald die Düne über das Hindernis hinauswächst, und somit wird Ehrenbergs Bericht, dass der Sandwall auf der Luvseite von der Pflanze oder dem Hindernisse durch einen Zwischenraum getrennt sei, der sich niemals ausfülle[3]), wohl kaum das

---

[1]) Derselbe entspräche dem Absturz auf der Leeseite der fluviatilen Kräuselungsmarken.

[2]) Eine ähnliche Erscheinung beobachteten wir an einer fluviatilen Kräuselungsmarke. (Seite 87.)

[3]) Beitr. zur Charakt. d. nordafrik. Wüsten, Akad. d. Wiss., Berlin 1827, p. 85.

Richtige treffen. Der Knick kann sich allerdings so lange erhalten, dass man zu Ehrenbergs Ansicht gelangen kann, falls man die Beobachtungen nicht lange genug fortsetzt. Die wirbelartige Bewegung der Luft, die durch den Luftstrom erzeugt wird, trägt zweifellos zur Erhaltung des Knickes bei. Je stärker der Wind ist, desto weniger ist er bei entsprechender Korngrösse des Sandes geneigt, die Düne aufzubauen, und um so kräftiger ist der Wirbel, der den Knick ausfurcht. Sobald aber schwächere Winde auftreten, die gerade noch imstande sind, den Sand bis zum Gipfel der Düne zu transportieren, wird der Knick verschwinden. Der Sand rollt alsdann in die noch nicht ganz ausgefüllte Rinne, und dies um so eher, als bei schwächerem Winde auch schwächere Wirbel auftreten, analog dem Darwinschen Wirbelgesetze.

Horizontale Gliederung der Dünen.

Nicht so regelmässig wie der vertikale Querschnitt ist die Horizontalprojektion der Dünen. Sie ist bei den Sandhügeln nicht minder variabel wie bei den fluviatilen Kräuselungsmarken, so dass sich für die verschiedenen Arten der Sandablagerungen bereits verschiedene Namen eingebürgert haben. Die Bezeichnung „Dünen" für alle Gebilde ist ziemlich allgemein. Düne bedeutet eben nichts anderes als Hügel aus lockerem Sande, so dass Sanddüne als Pleonasmus zu bezeichnen ist. Mit Recht schreibt Sokolow: „Während die Stranddünen[1]) in ihrer überwiegenden Mehrzahl im Profile eine auffallende Gleichartigkeit und eine mehr oder weniger ausgeprägte Regelmässigkeit zeigen, sind ihre Umrisse in der Horizontalprojektion so mannigfaltig, dass es kaum gelingt, in ihnen irgend eine Regelmässigkeit zu finden. Das Profil hängt ja ausschliesslich von der Windrichtung und der Beschaffenheit des Sandes selbst ab, und wenn beides auch

[1]) Dasselbe gilt auch von den Fluss- und Kontinentaldünen. Bei letzteren ist allerdings eine Form, nämlich die sichelförmige, die besonders charakteristische. Es treten aber auch in der Wüste die übrigen Formen auf.

einem Wechsel unterworfen ist, so geschieht dies doch nicht in weiten Grenzen. . . . .

Der Grundriss der Düne hängt hingegen aufs engste mit den kleinsten Einzelheiten der Bodengestaltung zusammen; es übt auf ihn die Gestalt und Lage desjenigen Gegenstandes, an welchem die ursprüngliche Sandanhäufung stattfand, einen wesentlichen Einfluss aus; ebenso wirkt bei der weiteren Entwickelung der Düne jeder auf ihrem Wege befindliche Busch, jeder Baum, jede noch so geringe Unebenheit des Bodens u. s. w. ein. Eine noch grössere Mannigfaltigkeit und Unregelmässigkeit des Grundrisses erzeugt der Zusammenstoss und die Vereinigung benachbarter Dünen, sowie der Wechsel der Ruhe- und Bewegungsperioden."

Wenn auch die Horizontalprojektion aus diesen Gründen recht unregelmässig ist, so lassen sich doch einige typische Formen, welche immer wiederkehren, feststellen. Diese haben wenigstens das gemeinsam, dass sie in ihrem mittleren und höchsten Teile senkrecht zur Richtung des Windes verlaufen, welche in dieser Beziehung ebenso massgebend ist wie die des Stromes bezüglich der Lage der fluviatilen Kräuselungsmarken. In beiden Fällen stehen die Sandablagerungen senkrecht zur Richtung der sie erzeugenden Kraft. So heisst es in einem Berichte der Horn-Expedition in Zentralaustralien[1]): „Die Dünen bilden Ketten von gewöhnlich rötlichem, thonigem Sand, welche in manchen Gegenden, wohl infolge der vorherrschenden Südostwinde, in parallelen Zügen von Nordost nach Südwest angeordnet sind." Auch v. Zittel spricht der Richtung des Windes für die Anordnung der Dünen grosse Bedeutung zu, wenn er aus der Thatsache, dass die Lage der Dünen mit der Richtung der heute vorherrschenden Winde nicht in Einklang gebracht werden kann, auf ein höheres Alter dieser Gebilde schliefst.[2])

---

[1]) Die Horn-Expedition in Zentralaustralien und ihre geographischen Ergebnisse (Peterm. Mitt. 1898, S. 9).

[2]) Deutsche Rundschau f. Geogr. und Stat. XIV. Jahrg. S. 13.

Wechseln die Winde, so hängt die Lage der Dünen vorzugsweise von der Richtung der stärkeren und häufiger auftretenden Luftströmungen ab. So berichtet Radde[1]), dafs die von ihm beobachteten Sandhügel ihre Luvseite nach Westen, die Leeseite gegen Osten kehrten, da Winde aus N.W., W. und S.W. vorherrschten. Die Kammlinie, welche die Luv- und Leeseite trennt, wäre von S. nach N. gerichtet, so dass sie auf der Windresultante senkrecht stünde.

Denselben Schluss lassen auch Sokolows Beobachtungen zu. Wie aus der bei Sokolow[2]) angeführten Tabelle ersichtlich ist, herrschen am Rigaer Meerbusen Luftströmungen aus dem nordwestlichen Quadranten vor. Die Winde von Dezember bis Februar sind für die Gestaltung der Dünen ohne Belang, da dieselben in den Wintermonaten durch eine Schneedecke vor der Einwirkung der Luft geschützt werden. Stellt man nun die für φ[3]) in der Tabelle angegebenen Werte graphisch dar, so kann man diese wieder als Komponenten auffassen und die jährlichen Windresultate konstruieren. Man erhält alsdann eine Linie, die von der west-östlichen Richtung nur um ca. 2^0 gegen Süden abweicht. Berücksichtigt man aber die Thatsache, dass die Seewinde stärker sind als die Landwinde, weshalb auch die Dünen, wie Sokolow angibt, in der Richtung von N.N.W.—S.S.E. vorrücken, so wird man die gefundene Resultante etwas zu gunsten der auflandigen Winde verschieben müssen, so dass sie ungefähr eine nordwestliche Richtung annimmt. Auf dieser Resultante müssten die Dünen senkrecht stehen, was Sokolow auch von den frei liegenden Sandhügeln dieses Gebietes bestätigt[4]).

[1]) Wiss. Ergebn. der im Jahre 1886 Allerhöchst bef. Expedition nach Transkaspien u. Nord-Chorassan (Pet. Mitt. Ergänzh. 1898. No. 126 S. 15.)

[2]) S. 229.

[3]) φ bedeutet die monatliche Windresultante.

[4]) S. 230. Ihre Leeseite ist nach Sokolow nach S.E. gerichtet, die Luvseite nach N.W., so dass die Kammlinie senkrecht zur Windrichtung steht.

Nur eine Dünenart[1]), die uns bereits bekannt ist, scheint eine Ausnahme zu bilden, da ihre Kammlinie in der Richtung des Windes verläuft. Aber auch diese Düne lässt sich als eine zur Windrichtung senkrecht abgelagerte Sandmasse auffassen, wenn wir berücksichtigen, dass sie auf der dem Winde abgekehrten Seite immer schmäler und niedriger wird, so dass wir hier von einer sehr langen, mit einem scharfen Grate versehenen Leeseite zu reden hätten. Die Kammlinie, welche den vorderen Teil dieser Sandanhäufung von der langgestreckten Leeseite trennt, steht dann ebenfalls senkrecht zur Windrichtung. Diese Gebilde werden aber gewöhnlich als dem Winde parallel verlaufend bezeichnet, da man die Kammlinie auf der Leeseite als die die Richtung bestimmende Gerade betrachtet. Wie wir uns erinnern, repräsentiert diese Dünenart die erste Entwickelungsstufe der Flugsandberge. Solche in der Richtung des Windes angewehten Sandhügel trifft man übrigens auch bei alten, vom Meere fernliegenden Dünen an. Ihre Entstehung lässt sich auf eine lange und schmale, vom Winde ausgeblasene Windmulde zurückführen, in deren Fortsetzung das ausgegeblasene Material wieder aufgeschüttet wurde.

Die Kammlinie auf der Leeseite einer solchen Sandablagerung ist in der Horizontalprojektion ziemlich geradlinig. Das ist auch bei einer zweiten Dünenart der Fall, die sich aber von jener vor allem dadurch unterscheidet, dass ihre Längsachse senkrecht zur Windrichtung steht. Ihre Bildung ist zurückzuführen auf ein zur Windrichtung senkrecht stehendes geradliniges Hindernis. Solche Dünen entstehen am Saume eines Buschwaldes, an einer Terrasse oder auch an künstlich hervorgerufenen Hindernissen, an Gartenzäunen, Mauern und dergleichen. Ja es kommt sogar vor, dass neben einander liegende kleinere Sandhügel in geradlinige Dünen, deren gesamte Kammlinie senkrecht zur Richtung

[1]) Nämlich die Zungenansätze (S. 129).

der sie erzeugenden Kraft steht, zusammenwachsen. Die beiden anderen noch übrig bleibenden Dünen, deren Betrachtung uns noch obliegt, haben, was ihre Horizontalprojektion anbelangt, keinen geradlinigen Verlauf. Sie sind vielmehr gebogen, so dass ihre Luvseite bald konkav bald konvex gegen den Wind gekrümmt ist. Die erste Form trifft man vorzugsweise an der Küste an, die zweite ist charakteristisch für die Wüste. Jene nennt man Bogendünen, diese Barchane. Was zunächst den Grundriss der Bogendünen anbelangt, so wäre deren sanft verlaufende Luvseite konkav gekrümmt, während die steilere Leeseite eine konvexe Ausbuchtung aufweist. Ihre Form hängt mit ihrer Entstehung zusammen. Wir haben gesehen, dass die Dünen, in ihrem Anfangsstadium recht unregelmässig sind, dass sie gewöhnlich eine steil geneigte Luvseite aufweisen, die sich allmählich bei ihrer Weiterentwickelung verflacht. Die steilere Leeseite bildet sich zuerst, wenn der Kamm der Düne weit genug vorgerückt ist[1]. Wenn der Gipfel der Düne verhältnismässig rascher wandert, als die tiefer gelegenen, durch die Gesträucher und andere Unebenheiten vor den Winden geschützten Seitenteile, so muss sich notwendigerweise jener Dünentypus ausbilden, dessen Luvseite gegen den Wind konkav geöffnet ist. Da im Gebiete der Küste wegen der dort anzutreffenden Vegetation die in Frage kommenden Hindernisse zahlreicher sind, trifft man die Bogendünen daselbst ziemlich oft. Sie gleichen genau den fluviatilen Kräuselungsmarken, deren mittlerer Teil in der Richtung des Stromes am weitesten vorgerückt ist. Bei beiden Gebilden gestattet die steile Leeseite die horizontale Begrenzung, während die Luvseite so langsam in die Horizontale übergeht, dass es oft schwer wird, daselbst die Grenze der Düne, beziehungsweise der Kräuselungsmarke festzustellen[2]. Die Bogendünen dürfen jedoch mit den

---

[1]) Seite 128—132.
[2]) Seite 88.

Barchanen nicht verwechselt werden, deren Luvseite im Grundrisse konvex gekrümmt ist. Die Barchane treten besonders da auf, wo ihrer regelmässigen Entwickelung sich keine Hindernisse, z. B. keine Bäume und Sträuche entgegenstellen. Deshalb kommen sie am Strande und in den Flussgebieten seltener vor. Ihre eigentliche Heimstätte ist die Wüste,[1]) deren unermessliche Ausdehnung ihre freie Entwickelung gestattet.

Was nun den Grundriss[2]) eines Barchans anbelangt, so hat derselbe die Form eines meist länglichen, manchmal sogar sehr gestreckten Ovals. Auf der Leeseite desselben befindet sich eine kleine halbkreisförmige oder sichelförmige Einbuchtung, die durch den schroffen Abfall der Leeseite scharf umgrenzt ist. Bei manchen Barchanen ist diese Einbuchtung ganz unbedeutend; bei anderen dagegen so umfangreich, dass sie bis zur Mitte des Hügels vordringt und die Gestalt der Mondsichel annimmt. Das charakteristische Merkmal der Barchane ist die sichelförmig gestaltete Leeseite. Reclus glaubte, dass die Gestalt der Barchane auf den Umstand zurückzuführen wäre, dass die einzelnen Körner im centralen Teile des Hügels von unten nach oben einen weiteren Weg zurückzulegen hätten und demgemäss gegenüber den Körnern an den Seiten desselben zurückbleiben müssten. Diese Erklärung ist nicht ganz richtig; sie trägt nämlich der Verteilung der Kräuselungen an der Oberfläche des Barchans und der Wanderung der einzelnen Sandkörner nicht gebührende Rechnung. Gerade die Kräuselungsmarken lassen ja einen Schluss auf die Windrichtung zu, da sie sich

---

[1]) Muschketow (Deutsche Rundschau f. Geogr. u. Stat., 12. Jahrgang, S. 147). Sokolow führt eine Reihe von Forschern an, welche derartige Dünen beobachtet und beschrieben haben.

[2]) Die vertikale Gliederung stimmt mit der der übrigen Dünen überein. Die flachere Luvseite erscheint auch hier im unteren Teile konkav gekrümmt, um in die konvexe Wölbung des oberen Teils überzugehen, die dann den grösseren Teil des auf der Leeseite gelegenen Abhangs charakterisiert. Die Leeseite ist dem natürlichen Böschungswinkel des trockenen Sandes gemäss geneigt.

senkrecht zu ihr ablagern. Sokolow und Muschketow erklären uns den Vorgang, der bei der Bildung der Barchane in Betracht kommt, etwas genauer. Beide schlossen nämlich aus der Gruppierung der Kräuselungsmarken, welche auf der Stossseite des Windes aufträten, dass dieser die Höhe und Seite des Barchans umfliesse, da die Sandkräuselungen in der Mitte des Barchans senkrecht, auf den beiden Seiten aber transversal zur Windrichtung verliefen. Diese Vermutung würde nach beiden Forschern durch die Bewegung der Sandkörnchen bestätigt. An der Oberfläche der Seitenteile würden sie sich schräg, etwas abwärts bewegen, indem sie sowohl dem den Hügel umfliessenden Luftstrome, als auch der eigenen Schwere gehorchten. Um sich von der Richtigkeit seiner eigenen Ansicht und von der unzulänglichen Auslegung Reclus' zu überzeugen, errichtete Sokolow senkrecht zur Windrichtung einen 0,5 m hohen, 2—3 m langen Sandwall. Derselbe verwandelte sich rasch unter dem Einflusse des Windes in einen Barchan, indem in seinem mittleren Teile die Sandkörner in gerader Richtung gegen den Kamm vorrückten, während sie sich auf den beiden Seiten infolge der den Wall umspülenden Seitenströmungen schräg bewegten, so dass dieser sich nach und nach zu krümmen begann. Da der Wall ursprünglich geradlinig war, so kann doch Reclus' Ansicht in keinem Falle als genügend begründet erachtet werden.

Mit diesen Barchanen darf aber der von Middendorff beschriebene Dünentypus nicht verwechselt werden, den v. Richthofen[1]) allerdings als „Barkhan" anspricht. Der Grundriss der von Middendorff beschriebenen Sandhügel ist nicht ganz hufeisenförmig, da die beiden Seiten eines Hufeisens nahezu parallel verlaufen, während die seitlichen Ansätze der von Middendorff beobachteten Dünen stark divergieren und einen Winkel von ca. 90° einschliessen.

[1]) Führer für Forschungsreisende, S. 444.

Sokolow sieht in diesen Gebilden nichts anderes als Zungenansätze, die durch verschiedene Winde an irgend einem festen Kern angeweht worden wären. Middendorffs Ansicht, dass der Wind an dem Hindernisse geteilt werde und derartige geradlinige Zungenansätze anfege, ist unhaltbar, da die Seitenströmungen, wie die sichelförmigen Dünen beweisen, keine Gerade bilden, sondern eine Kurve beschreiben, so dass die Spitzen der Seitenflügel häufig sogar nach innen gebogen werden. Die Hufeisenform kommt dem Grundriss der Barchane schon etwas näher. Deshalb trifft man auch öfters auf diesen Vergleich[1]), während Middendorffs Sandhügel nur von diesem[2]) in der angegebenen Weise beschrieben werden.

Es wäre nicht schwer, sich ein bestimmteres Urteil über die Entstehung der von Middendorff beschriebenen Dünen anzueignen, wenn Beobachtungen über ihren inneren Bau vorlägen. Zur Windrichtung parallele, beziehungsweise senkrecht stehende oder auch horizontal verlaufende Querschnitte können uns recht gut in den Stand setzen, die Entstehungsgeschichte einer Düne mit verhältnismässig grosser Bestimmtheit abzuleiten. Der Verlauf der Schichten, sowie die zwischen denselben eingelagerten Pflanzenreste und Humusdecken spielen bei der Beurteilung der Entstehung einer Düne dieselbe Rolle, wie die Lage der Gesteinsschichten und die in ihnen enthaltenen Leitfossilien bei der Feststellung

Schichtung des Dünensandes.

[1]) Sokolow sagt: „Die Gestalt des Grundrisses der Barchane wird fast von allen Beobachtern entweder mit einem Hufeisen, einer Sichel oder einem Hufe verglichen.“ (S. 262.) Siehe ferner: Geogr. Jahrbuch 1897, S. 341; Peterm. Mitt. Ergänzungsheft, No. 126, S. 12; Deutsche Rundschau f. Geogr. u. Statistik XII., Jahrgang, S. 148. Walther Einleitung u. s. w., S. 792. Dieser Vergleich nimmt nur Rücksicht auf die steilere Leeseite, die gegen die Horizontale schärfer abgegrenzt ist wie die Luvseite. Die äussere horizontale Umrisslinie eines Barchans hat aber die Gestalt eines länglichen Ovals, bei dem ein Drittel, höchstens die Hälfte wegfällt.

[2]) Sokolow, S. 175, Anmerkg. 2.

des relativen Alters und der Entstehung eines Gebirges. In beiden Fällen können die Naturkräfte oder der Mensch uns einen Einblick in das Innere des Gebirges, beziehungsweise der Düne verschaffen.

Im Dünengebiete entstehen Querschnitte durch die Anlage von Strassen, oder es treten die Naturkräfte selbst, insbesondere Wind und Wasser als Bildner derselben auf. Der Wind zerstört oft einzelne Teile der Dünen, während die durch die Humusdecke[1]) und den Pflanzenwuchs begünstigteren Partien stehen bleiben, und an der Küste unterspülen die Meereswogen häufig genug die sanft geneigte Luvseite, so dass diese abstürzt und das Innere der Düne wie bei einem Steinbruche im Gebirge aufgeschlossen wird. Am interessantesten ist der durch den Gipfel der Düne gelegte, auf der Basis senkrecht stehende Querschnitt, der zugleich parallel zum Winde gerichtet ist. Derselbe erzählt uns die Entstehungsgeschichte der Düne mit besonderer Berücksichtigung ihrer vertikalen Entwickelung. Aus der Wechsellagerung gröberer und feinerer Sandkörner[2]) können wir auf die Stärke des Windes schliessen, und die zwischen den Sandschichten eingebetteten Pflanzenreste lassen ebenso wie die durch Humus dunkler gefärbten Sandmassen einen Schluss auf die Ruheperiode in der Entwickelung der Dünen zu. Die Neigung der Schichten sagt uns, ob die Richtung des Windes stets dieselbe war oder nicht. Die Sandlagen brauchen in diesem Projektionsbilde keineswegs parallel[3])

[1]) Penck berichtet uns, dass der Sand da, wo das Pflanzenkleid Lücken habe, weggeweht werde (Günther, Geophysik II. Teil, II. Aufl. S. 618).

[2]) Wo das Meer ausschliesslich feinen und gleichmässigen Sand anschwemmt, z. B. an der Mündung der Narwa, der westl. Düna oder in der nächsten Umgebung von Liebau (nach Sokolow), ist keine Schichtung wahrzunehmen.

[3]) Die Sandschichten sind bedeutend regelmässiger als die Humuslagen, da diese die Umrisse der Düne zur Zeit ihrer Ruhe, jene zur Zeit ihrer Bewegung repräsentieren. Es ist aber bekannt, dass die Oberfläche der Dünen beim Wandern regelmässiger ist als in der Ruheperiode.

zu sein; denn im Anfangsstadium der Dünenbildung ist die Luvseite stark, die Leeseite schwach geneigt, und die beiden Abhänge nehmen erst später die normale Böschung an. Ferner kommt in Betracht, dass der Ablagerungswinkel für groben und feinen Sand nicht genau derselbe ist, dass die Sandschichten auf der Leeseite bei der Wanderung[1]) der Dünen zur Luvseite gelangen und hier mit den auf der Windseite abgelagerten oberflächennahen Schichten ungefähr denselben Winkel bilden, den die beiden Abhänge der Düne einschliessen. Deshalb berichten auch viele Forscher z. B. Berendt und Sokolow, dass die Linien, welche die einzelnen Schichten im Projektionsbilde begrenzten, keineswegs regelmässig verliefen, sondern auf den ersten Blick recht verwickelt erschienen. Trotzdem „gelingt es dem durch längere aufmerksame Beobachtungen der Umrisse gegenwärtiger Oberflächen der Dünen geschärften Auge, in diesen Linien die Durchschnitte der früheren Oberflächen der Dünen während ihrer Ruheperioden, die Umrisse der ehemaligen Gipfel, Luv- und Leeseiten wieder zu erkennen." So fand z. B. Schumann[2]) in einer ca. 9 m hohen Düne bei Königsberg i. Pr. von oben nach unten folgende Bestandteile: Waldhumus, groben Dünensand, Humus nebst Baumstümpfen eines verschütteten Waldes, kalkigen und weissen Sand mit Humusschichten eines noch früher vernichteten Waldes, hellgrauen Sand, Torf mit Moos, Erlen- und Fichtenreste, grauen Sand, Torf und wieder grauen Sand.

Dieselbe Reihenfolge würde sich ergeben, wenn man einen zur Windrichtung senkrechten oder einen horizontalen Querschnitt durch die Düne legen wollte. Bei jenem verlaufen die Schichten parallel, im mittleren Teile nahezu horizontal, während sie an den Seiten eine schräge Richtung

[1]) In jüngeren Dünen, welche den Ort ihrer Entstehung noch nicht verlassen haben, bilden die Sandschichten zum Teile annähernd konzentrische Bogenlinien.

[2]) Geol. Wand. durch Altpreussen, Königsberg 1869, S. 66; Günther „Geophysik", II. Tl., II. Aufl., S. 618.

annehmen. Dieser Querschnitt bietet jedoch weniger Interessantes als ein zum Winde parallel gerichtetes Profil, bei welchem, wie wir gesehen haben, der Verlauf der Schichten uns die einzelnen Entwicklungsphasen der Dünen genau vor Augen führt. Ein horizontaler Querschnitt, der seltener vorkommt, aber immerhin vorkommen kann, wenn z. B. die Düne in ihrem oberen Teile abgetragen wird oder auf ihrer Wanderung die einzelnen Schichtenköpfe[1]) zurücklässt, würde uns die Geschichte der Düne mit besonderer Berücksichtigung ihrer horizontalen Entwickelung erzählen.

Küstenwall. Nachdem wir die Entstehung, horizontale und vertikale Gliederung der Dünen kennen gelernt haben, obliegt es noch, eine Erscheinung zu betrachten, die zwar mit der Bildung der Dünen nichts gemeinsam hat, die aber dennoch beachtenswert erscheint, da sie, wie früher angedeutet (S. 9) wurde, von den Dünen sehr häufig nicht scharf genug getrennt wurde. Es sind dies die Küsten- oder Strandwälle. Wenn auch ihre Luvseite wie die der Dünen etwas konkav[2]) gebogen und sehr sanft geneigt ist, so sind doch wieder so tief greifende Unterschiede zu konstatieren, dass es bei einer einigermassen gründlichen Beobachtung beider Gebilde unmöglich ist, dieselben zu verwechseln.

Zunächst fällt bei einem Küstenwalle die Regelmässigkeit desselben auf, was seinen vertikalen wie horizontalen Querschnitt anbelangt. So weist die Luvseite bei den Strandwällen einen Winkel von 2^0-5^0, höchstens 7^0 auf, und die Leeseite ist höchstens unter 10^0 zur Horizontalen geneigt.[3])

---

[1]) Seite 8.

[2]) Wenn die Wellen den Wallkamm überfluten, ist eine konkave Einbuchtung nicht mehr wahrzunehmen.

[3]) Je feiner der Sand ist, aus dem der Wall besteht, desto kleiner sind die Böschungswinkel. Vom Meere unterspülte Strandwälle haben oft eine sehr stark geneigte Luvseite, was auch bei den Dünen vorkommt, falls die Meereswogen die Luvseite derselben untergraben haben. In diesem Falle konnen wir den innern Bau um so genauer

Nur wenn die Küstenwälle aus Grand und Gerölle bestehen, sind die Abhänge etwas steiler.[1]) In diesem Falle verbietet aber das Material eine Verwechselung der Strandwälle und Dünen. So viel nämlich bis jetzt feststeht, ist bei den Dünen eine viel vollkommenere Aufbereitung des Materials wahrzunehmen als bei den Küstenwällen, wo grobe Körner, sogar Grand und Gerölle neben ganz feinen Sandkörnern vorkommen. Der innere Bau gibt uns überhaupt in zweifelhaften Fällen[2]) die richtige Entscheidung in die Hand. Im Innern der Strandwälle finden sich häufig Mollusken[3]) vor, die in den Dünen ebenfalls auftreten, aber nie in der Menge wie bei jenen. Dagegen deuten Humusschichten und Reste einer Landflora auf eine Landbildung, also auf eine Düne hin. Was ferner die Grösse der beiden in Frage stehenden Erscheinungen betrifft, so wäre als durchgreifender Unter-

---

studieren, der uns, wie weiter ausgeführt wird, ein Mittel in die Hand gibt, die richtige Entscheidung zu treffen. Nach Walther (Einl. in die Geol. als hist. Wiss., S. 638/39) wären die beiden Seiten der Strandwälle gleichmässig geneigt.

[1]) Nach Doss bis zu 20° (Korresp. des Naturf.-Vereins zu Riga 39. Bd., 1896, S. 39).

[2]) Alte Strandwälle und Dünen sind oft schwer von einander zu unterscheiden, da die Vegetation den normalen Typus stört.

[3]) Kleine Mollusken oder Bruchstücke derselben können durch aussergewöhnlich starke Winde den Dünen zugeweht werden. Grössere Mollusken dagegen werden häufig durch Vögel, welche sich von denselben ernähren, dahin verschleppt. Unter den Besonderheiten, die Doss bei den Dünen von Riga aufzählt, soll vor allem ein Bestandteil hervorgehoben werden, der den Dünen gewöhnlich fehlt, den Strandwällen aber sehr oft eigen ist. Grand und Gerölle, welche eigentlich auf eine marine Bildung, also auf einen Strandwall schliessen lassen, da der Wind so grosse Bestandteile nicht mehr transportiert, sollen nämlich in den Dünen von Riga öfters vorkommen, Nach Doss wäre dieses grobe Material fluviatilen Ursprunges, oder es käme von Gewässern der Eiszeit her. Die Dünen hätten sich auf diesem Grand und Gerölle gebildet und durch Pflanzenwuchs befestigt. Später wären sie nach der Entfernung ihrer Pflanzendecke in einzelnen Teilen vorgerückt, so dass das gröbere Material da und dort blossgelegt worden wäre.

schied die Thatsache zu verzeichnen, dass die Strandwälle niemals die Höhe der Dünen erreichen. Sie schwankt bei jenen ebenfalls, indem sie mit der Stärke der Brandung zunimmt, aber immerhin in recht bescheidenen Grenzen. Die Strandwälle an der Ostseeküste erheben sich 1,5—2 m über den mittleren Meeresspiegel und nicht ganz 1 m über die Strandfläche, während die Dünen daselbst eine Höhe von 20—30, manchmal sogar von 60 m erreichen. An der den Stürmen des Atlantischen Meeres preisgegebenen Küste besitzen die Dünen zuweilen eine Höhe von nahezu 100 m, während die Strandwälle daselbst nicht ganz 5 m hoch sind und bereits durchweg aus gröberem Material bestehen. Zudem gleichen die Strandwälle einer Mauer. Gipfel und Sättel sind nicht wahrzunehmen, da ja die Brandung längs der Küste so ziemlich dieselbe ist und somit einen überall gleich hohen Wall aufwirft. Bei einer Dünenkette dagegen beobachten wir gerade wie bei einem Gebirgszuge, bald eine konkave, bald eine konvexe Biegung der Kammlinie; Gipfel und Mulden wechseln miteinander.

Die horizontale Gliederung der Küstenwälle ist nicht minder einförmig. Während die Dünen bezüglich ihrer Anordnung und Gruppierung allerlei Variationen zulassen, wie später ausgeführt wird, und nicht genau zur Küstenlinie und unter sich parallel gerichtet sind, laufen die Strandwälle, falls mehrere Reihen derselben auftreten, einander parallel, da die Brandungsgrenze bei einer gleichmässig geböschten Küste ihrer ganzen Erstreckung nach ziemlich gleichmässig hin- und hergeschoben wird. Insbesondere machen die Strandwälle, wenn sie eine bedeutendere Länge besitzen, genau die Ein- und Ausbuchtungen der Küste mit, so dass gerade die horizontale Anordnung und der strenge Parallelismus dieser Gebilde auf den ersten Blick auffallen muss.

Unregelmässige Form der Dünen.

Schliesslich sollen noch einige Unregelmässigkeiten in der Form der Sandhügel aufgeführt werden. Die Dünen werden nämlich ihre beschriebene Gestalt, die sanft geneigte

Luv- und steilere Leeseite nur dann bewahren, wenn ihre Bildung durch keinerlei störende Einflüsse beeinträchtigt wird. Ihrer regelmässigen Entwickelung sind mässig starke Winde aus ein und derselben Richtung, ein trockenes Klima und genügender Raum zur freieren Ausdehnung ausserordentlich förderlich. Da der Grundriss weniger charakteristisch ist, als das Profil, indem die horizontale Gliederung von einer ganzen Reihe von Zufälligkeiten abhängt, ergeben sich in dieser Beziehung auch weit weniger durchgreifende Unregelmässigkeiten. Es wurde bereits ausgeführt, dass der Grundriss überaus mannigfaltig sei, dass sich aber bei schärferer Betrachtung vier Typen unterscheiden liessen. Nur die von Middendorf beschriebenen Dünen scheinen thatsächlich eine unregelmässige, von den sonstigen Grundrissen der Dünen verschiedene Form aufzuweisen, was bereits bereits erörtert wurde.[1])

Dagegen kommen auffallendere Unregelmässigkeiten der Dünen bezüglich ihres Profils schon öfters vor. So wurden Dünen beobachtet, deren Luv- und Leeseite sich in nichts von einander unterscheiden. Die Form derselben ist dem häufigen Wechsel der Winde und der Abwesenheit einer vorherrschenden Luftströmung zuzuschreiben. Gewöhnlich jedoch vertauschen die Dünen, sobald der Wind aus der entgegengesetzten Richtung mit genügender Stärke weht, ihre Luv- und Leeseiten. Es kann dann leicht vorkommen, dass in solchen Gebieten die Dünen gerade bei widersinnigem Winde beobachtet werden. So erklärt Solow den Widerspruch zwischen Meyen und Pöppig, die beide die Dünen in Chile beschrieben und zu entgegenge-

[1]) Seite 146 f. Kleine Unregelmässigkeiten finden sich zuweilen im Grundriss der Barchane vor, da die Grösse der beiden Sichelspitzen manchmal verschieden ist. Diese Thatsache führt Lessar, der diese Erscheinung in der Wüste Kara-Kum beobachtete, auf die Ablösung des herrschenden Windes durch einen anderen zurück, dessen Richtung mit der des ersteren einen spitzen Winkel einschliesse.

setzten Anschauungen gelangten, durch die Annahme, dass Meyen, welcher die steile konkav gekrümmte Seite mit der Luvseite identifiziert, sich dadurch habe irre führen lassen, dass kurz vor seiner Beobachtung der herrschende Wind durch den widersinnigen abgelöst worden sei. Des öfteren wurden auch bewachsene Dünen ohne charakteristische Luv- und Leeseite beobachtet. Diese Thatsache findet dadurch eine Erklärung, dass in der Entwicklung der Dünen ein Stillstand eintrat. Wir haben gesehen, dass die Leeseite erst nach der Ausbildung der Luvseite ihre wahre Gestalt annimmt. Sobald sich z. B. die sanft geneigte Luvseite gebildet hat, während die Leeseite noch die ihr zuerst zuhommende sanfte Neigung beibehält, kann recht gut ein Stillstand in der Entwickelung der Düne eintreten, so dass sich dieselbe mit Pflanzen bedeckt und ihre Gestalt, zwei Seiten mit gleichen Böschungen, beibehält. So trifft man an der westlichen Küste Kurlands längliche Hügel, die nichts anderes als nachträglich zusammengewachsene Zungenhügel sind, bei denen die schwach geneigte Luvseite, nicht aber der Gipfel und die Leeseite ausgebildet wurden, weil deren Entwickelung infolge des Pflanzenwuchses plötzlich zum Stillstand gelangte. Uebrigens beeinträchtigt der Pflanzenwuchs die normale Gestalt der Düne ganz wesentlich. Wo sich Pflanzen z. B. Sträucher oder Grasbüschel auf der Luvseite eines Flugsandberges angesiedelt haben, wird sich der Sand von neuem anhäufen, so dass die Dünenluvseite ihre charakteristische Gestalt verliert; deshalb haben auch ältere bewachsene Sandhügel niemals die typische Form neu gebildeter, noch in Bewegung begriffener Dünen.

Ebenso können heftige Winde die Regelmässigkeit der Dünenluvseite stören. Sie blasen oft Rinnen und Furchen aus, indem sie den trockenen[1]) und lockeren Sand wegwehen.

---

[1]) Die Feuchtigkeit stammt entweder aus der Atmosphäre, oder sie rührt vom Grundwasser her. Die Dünen sind übrigens keineswegs so trocken, wie man zu glauben geneigt ist. Sokolow führt die Ve-

Ganz besonders wird dieser Prozess da begünstigt, wo bei älteren Dünen die Pflanzendecke durchbrochen ist; der Wind wird die Rinnen an der Oberfläche alsdann mehr und mehr ausfurchen. So entstehen die höckerigen, mit dem Worte „Kupsendünen"[1]) benannten Gebilde.

Ferner wurden an der Küste vielfach Sandhügel mit schroff abfallender Luvseite beobachtet. Ihre Gestalt ist auf die Unterwaschung der Luvseite durch die Brandungswogen zurückzuführen. So ist der Absturz vieler an dem Rigaischen Meerbusen gelegenen Dünen ganz genau parallel zur Küstenlinie, so dass sie den Anschein erwecken, als ob sie mit einem Lineale abgeschnitten wären. Solche Gebilde nennt man „Sturzdünen"[2]).

Schliesslich sei noch auf eine Düne aufmerksam gemacht, die Sokolow an der Küste Finnlands beobachtete, und deren Leeseite am oberen Teile sanft geneigt war, im unteren Drittel aber den natürlichen Böschungswinkel aufwies. Dieselbe befand sich vor einer Terrasse, so dass ihre Leeseite vor den Winden vollständig geschützt war. Die Ausbildung der in ihrem oberen Teile sanft geneigten Leeseite war in diesem Falle auf den von der Terrasse zurückgeworfenen Wind zurückzuführen. Für diese Thatsache sprach auch der Umstand, dass das unterste Drittel der Lee-

---

getation in dem Sandgebiete des Dnjepr sogar auf den Wasserreichtum des Sandes zurück. In diesem Falle kann das Grundwasser vermöge der Kapillarität des feinen Sandes ganz gut bis zu den der Oberfläche nahen Schichten emporsteigen. Ueber die Feuchtigkeit der Wüstendünen wurde S. 122 f. berichtet.

[1]) Penck II., S. 49 u. S. Günther, Geophysik, II. Tl. II. Aufl., S. 618.

[2]) Die Fluten des Amu Darja unterwaschen zur Zeit des Hochwassers ebenfalls mit heftiger Gewalt die Dünenberge am rechten Steilufer, so dass diese in den Strom hinabstürzen (Pet. Mitt. 1898, S. 208). Siehe ferner Berendts „Geologie des Kur. Haffes", Tafel IV und Walthers „Einleitung in die Geol. als histor. Wissensch.", S. 799.

seite, wie bemerkt, den natürlichen Böschungswinkel aufwies, da die Düne in der Nähe des Bodens von Gesträuchen vor dem zurückprallenden Winde geschützt wurde, so dass hier unter dem Schutze der Vegetation die normale Böschung entstehen konnte.

Gerade dieses Beispiel zeigt uns, wie notwendig es ist, die lokalen Verhältnisse zu studieren, um allenfallsige Unregelmässigkeiten zu erklären. Die Sandanhäufung durch den Wind folgt allenthalben denselben Gesetzen und muss deshalb auch überall dieselbe sein. Falls aber dennoch Abweichungen vorkommen, finden diese immer ihre Erklärung in den etwas eigenartigen Bedingungen. Die wenigen Ausnahmen sind aber nicht im stande, die allgemein giltigen Gesetze von der Anhäufung des Sandes umzustossen.

4. Grösse, Wanderung und Anordnung der Dünen.

Grösse der Dünen.

Die Grösse der aeolischen Sandgebilde schwankt zwischen noch bedeutenderen Grenzen wie die der unter Wasser gebildeten Kräuselungsmarken. Es rührt diese Thatsache hauptsächlich daher, dass die Unebenheiten, welche das Fundament für die terrestrischen Sandanhäufungen liefern, grösser sind wie die im Flussbette und am flachen Strande, wo durch die Brandungswoge eine sanft verlaufende Abrasionsfläche geschaffen wird[1]. Als Beweis für diese Behauptung gilt die Thatsache, dass auf vollständig ebenem Terrain, welches weder Pflanzen noch sonstige Hindernisse aufweist, keine Dünen sich bilden. Es treten unter dieser Voraussetzung nur kleine, vom Winde erzeugte Kräuselungsmarken, Dünen en miniature, wie sie Walther nennt, auf, deren Entstehung und Form früher beschrieben wurde[2]. Dem Volumen nach könnte man deshalb bei den

---

[1]) v. Richthofen, Führer f. Forschungsreisende S. 353 ff.
[2]) S. 99 ff.

aeolischen Sandgebilden[1]) grössere, mehr oder minder stabile Sandanhäufungen, also Dünen, und kleinere Sandfurchen unterscheiden, die plötzlich auftreten, vom Winde leicht umgestaltet, bewegt und zerstört werden.

Da also die Grösse der aeolischen Sandanhäufungen ausserordentlich variabel ist, obliegt es zunächst, zu untersuchen, von welchen Faktoren sie vorzugsweise abhängt. Vor allem kommt die Ausdehnung des Gegenstandes, der den Ansatzkern des Sandes bildet, in Betracht. So bedeutend der Unterschied in der Grösse des Hindernisses sein kann, so verschieden ist auch die der Dünen, was die ganze Skala, von den kleinen Sandkräuselungen angefangen und bis zu den grossen Dünen der Sahara fortgesetzt, bestätigt. Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung bietet die Thatsache, dass die Dünen um so rascher wachsen, je grösser das fragliche Hindernis wird. Pflanzen, welche im lockeren Sande leicht vorwärts kommen, wie Strandhafer, Strandweizen, Strandrohr und vor allem die Sand- oder Strandweide, wachsen, sobald sie mit Sand bedeckt werden, über denselben hinaus, so dass sie weitere Sandablagerungen verursachen und rasch zur Vergrösserung der Dünen beitragen.

Die Grösse der Dünen hängt ferner vom Sandgehalte des Windes, von der Korngrösse des Sandes und der Stärke des Windes ab, von all den Faktoren, die v. Richthofen und Walther als massgebend für die Bildung der Dünen bezeichnen. Es ist klar, dass der Mangel an Sand das Wachsen derselben beschränkt. Sobald die Winde keinen oder nur wenig Sand enthalten, fehlt auch das Material zu ihrer Vergrösserung. In diesem Falle kann eher von einer Abtragung als von einem weiteren Aufbau der Düne die

[1]) Von den Sandgletschern, wie solche von Stelzner, Lorentz und Brackebusch in den Hochthälern von Argentinien beobachtet wurden, soll abgesehen werden (Peterm. Mitt. 1893, S. 153).

Rede sein[1]). In Bezug auf die Körngrösse und Stärke des Windes gleichen die Flugsandberge ganz und gar den unter Wasser gebildeten Sandkräuselungen. Gröbere Sandkörner bilden grössere Kräuselungen, da die kleineren leichter hinweggeschwemmt werden und erst bei geringerer Geschwindigkeit der Bewegung zur Ablagerung gelangen und, dieser abgeschwächten Intensität entsprechend, kleinere Kräuselungsmarken erzeugen. Ebenso hängt die Höhe einer Düne von der Korngrösse des Sandes ab. Bei heftigeren Stürmen können sich nur die gröberen Sandkörner ablagern; die feineren dagegen werden fortgeweht, bis sie schliesslich jenseits des vom Sturme überstrichenen Terrains an allenfallsigen Unebenheiten oder auch auf feuchtem salzigem Boden haften bleiben. Hier können sie nur kleinere Sandanhäufungen verursachen, da Winde von verhältnismässig geringer Stärke bereits genügen, um sie wieder weiter zu transportieren. Besteht die Düne aber aus gröberem, schwerer zu transportierendem Materiale, so sind selbst stärkere Winde nicht immer im stande, ihren Kamm abzutragen, sondern es kann sogar eine Ablagerung grösserer Sandkörner stattfinden. So berichtet uns Forchhammer[2]), dass die höheren Sandhügel Jütlands gröberen Sand hätten, und Sokolow erzählt, dass die Dünen in der Narwabucht bedeutend kleiner seien wie die übrigen Sandanhäufungen am finnischen Meerbusen, obwohl beide, was die Sandanschwemmung, als auch die herrschenden Winde anbelange, ganz genau denselben Bedingungen unterworfen seien. Der einzige Grund liege in der verschiedenen Korngrösse. Während die höheren Flugsandberge aus Sandmassen bestünden, deren Korngrösse 0,5—1 mm betrage[3]), würden die kleineren von feinerem

[1]) Die Grösse der Wellenfurchen ist ebenfalls von der Menge des Sandes abhängig S. 41 ff.

[2]) Forchhammer, Geogr. Studien am Meeresufer, Neues Jahrbuch f. Mineral. 1841, S. 5.

[3]) Ebenso berichtet Walther: „Die Grösse der Sandkörner ist am bedeutendsten dort, wo die Düne am höchsten ist“ (Einl. etc., S. 839).

Sande gebildet, dessen Korn höchstens einen Durchmesser von 0,25 mm besitze. Jeder Korngrösse entspricht übrigens eine ganz bestimmte Geschwindigkeit des Windes, falls die Düne ihre Maximalhöhe erreichen soll.

Wie die bei Sokolow[1]) angeführte Tabelle beweist, wächst die Windgeschwindigkeit mit der Höhe[2]), da die Reibung am Boden abnimmt. In einer Höhe von 200 m und darüber sind die Winde im allgemeinen so heftig, dass das Abtragen des Sandes durch die Winde die Ablagerung überwiegt. Selbstverständlich muss die bei 200 m angenommene Maximalgrenze niedriger liegen, wenn die Sandkörner sehr klein sind, da der Wind in diesem Falle in geringerer Höhe eine Geschwindigkeit erreicht, die genügt, um den Kamm der Düne abzutragen. Wollte man aus dieser Thatsache den Schluss ziehen, dass schwächere Winde grössere Dünen erzeugen, da sie erst in einer viel bedeutenderen Höhe so stark werden, dass sie den Dünenkamm zerstören, so wäre dies eine falsche Schlussfolgerung. Schwächere Winde können nur feinere Sandkörner transportieren; diese lassen aber nach den früheren Auseinandersetzungen die Bildung grösserer Sandhügel nicht zu. Zwischen der Grösse der Sandkörner und der Stärke des Windes besteht also ein gewisses, bei der Maximalhöhe der Düne in Betracht kommendes Abhängigkeitsverhältnis, das noch einer gründlicheren Erforschung bedarf.

Die Höhe der Dünen[3]) ist demnach sehr verschieden.

---

[1]) Seite 287 u. S. 10 Anm. 1.

[2]) So war die mittl. Windgeschw. zu Paris auf dem Bureau central météorologique in 21 m Höhe über dem Erdboden 2,1 m pro sec., auf dem Eifelturm in einer Höhe von 305 m 8,6 m, also ca. 4 mal so gross (Hellmann: Untersuch. über die jährl. Periode der Windgeschwindigkeit. Pet. Mitt. 1898, Lttb. 43.)

[3]) Von der Grösse der aeolischen Kräuselungsmarken war S. 103 die Rede.

Trotzdem sollen einige Zahlen hier angeführt werden, um zu zeigen, welche Sandhügel im allgemeinen grösser sind. Die Höhe der Flussdünen ist gewöhnlich nicht so bedeutend wie die der Strand- und Kontinentaldünen. So hat Sokolow trotz eingehender und langjähriger Beobachtungen keine Flussdünen von mehr als 10—15 m Höhe gefunden. Am Don sollen sie nach Aussage Margaritows allerdings nicht unter 30 m, an der Oka nach den Angaben Dokutschajews sogar bis zu 60 m hoch sein, wobei allerdings zu bemerken ist, dass die Lage der Grundfläche dieser Dünen bis jetzt nicht bekannt wurde. Die Barchane, jene sichelförmigen Dünen, sind ebenfalls sehr niedrig. Sie sind im allgemeinen 2—5 m, in der Sahara nicht über 10 m hoch. Ebenso hoch gibt auch Radde[1]) die Höhe der Barchane an. Sie beträgt nach seinen Angaben 15—20, höchstens 30—35 Fuss. Eine bedeutendere Höhe erreichen die Stranddünen. Die Dünen an der Nordsee sind 15—20, höchstens 35 m hoch, die an der Ostsee 30—40, an der kurischen Nehrung sogar 60 m. Zu den höchsten Stranddünen gehören die am Golfe von Biscaya[2]). Sie sind ungefähr 90 m hoch, wie uns vielfach berichtet wird, und werden nur von den Dünen zwischen dem Kap Verde und dem Kap Bojador übertroffen, deren Höhe auf 120—180 m angegeben wird, von denen aber allerdings noch nicht feststeht, ob sie Strand- oder Festlanddünen sind. Ebenso gross sind die Kontinental- oder Festlanddünen[3]) der Sahara. Dieselben erreichen eine

---

[1]) Pet. Mitt. Erghft., No. 126, S. 11. Wissensch. Erg. d. im J. 1886 Allerhöchst befohlenen Exped. nach Transkaspien und Nord-Chorrassan v. Dr. G. Radde.

[2]) Die höchsten Stranddünen Europas wären allerdings die Dünen in den Arenas gordas Andalusiens mit einer Höhe von 113 m (Penck Morphol. d. Erdoberfl. II. S. 47).

[3]) Die Barchane erreichen in der Sahara, wie erwähnt, nur eine Höhe von ca. 10 m; die einzelnen unregelmässig geformten Sandhügel sind 20—70 m, die zu Ketten angeordneten und zusammengewachsenen Dünen dagegen 200 m hoch.

Höhe bis zu 200 m. Nur Largeau[1]) gibt die Höhe der Dünen bei Ghadames auf 500 m an. Vatonne berichtet ebenfalls von diesen Sandhügeln. Er nennt sie „Zerstörungsdünen" im Gegensatz zu den „Anhäufungsdünen", welche durch die Ablagerung des Sandes entstanden. Die Zerstörungsdünen sind nichts anderes als ursprüngliche vegetationslose Hügel, die mit Sand, der infolge der Zerstörung durch die atmosphärischen Kräfte entstanden ist, bedeckt sind. Somit erklärt sich auch ihre bedeutende, an keine bestimmte Grenze gebundene Höhe.

Von der Grösse der Dünen hängt ihre Beweglichkeit ab, die von grosser praktischer Bedeutung ist. Deshalb finden sich auch in der Dünenliteratur genauere Angaben über ihre Wanderung nebst dem betreffenden Zahlenmateriale. Bewegung der Dünen.

Zahlreich sind die Belege dafür, dass die Sandhügel auf ihrer Wanderung schon ganze Kulturstriche in öde Wüsteneien verwandelt haben. Deshalb sah man sich da und dort gezwungen, die Dünen durch Zwangsansiedelungen von Gewächsen[2]) zu befestigen, und dieses Verfahren hat sich im Laufe der Zeit zu einer förmlichen Technik ausgebildet. Ferner hat die Wanderung der Dünen häufig die Ablenkung von Fluss- und Bachmündungen zur Folge. Am Finnischen und Rigaischen Meerbusen ist diese Erscheinung keine ungewöhnliche; sie nimmt sogar bei der Aa und

---

[1]) Peterm. Mitt. Bd. 39, Lttb. 227.

[2]) Zur Ansiedlung eignen sich zunächst solche Pflanzen, die im lockeren Sande gut gedeihen, wie Strandweizen und Strandhafer, der schilfartige ca. 1 m hohe Halme besitzt und sehr tiefe Wurzeln schlägt. Gerade das Wurzelwerk ist es ja (so sagt Stevin: „.... et aussi que sur les dunes avec le temps, l'herbe croist, comme aussi plusieurs arbrisseaux qui aprofondissent leurs racines de plus en plus, ce qui retient beaucoup de sabre"), das den Sand zusammenhält, indem es ihn wie ein dichtmaschiges Netz aufhält, und indem auch die einsickernde Feuchtigkeit mitwirkt, wird der Sand schliesslich zu mehr oder minder festen Massen verkittet. Hat die Düne einige Festigkeit erlangt, so kann man mit dem Anpflanzen der Strandkiefer beginnen (S. Günther, Geoph. II. Aufl. II. Bd., S. 618).

bei Windau grössere Dimensionen an. Die Ausführungen Berendts[1]) machen es sogar wahrscheinlich, das das Kurische Haff in seinem nördlichen Teile nach und nach in Festland verwandelt wird. Daselbst rücken die Dünen beständig gegen Osten vor, im Mittel 8,24 m pro Jahr, so dass dieselben nach und nach in das Haff stürzen, bis es ganz ausgefüllt ist und der nördliche Teil der Nehrung landfest wird. Ausserdem liegen noch zahlreiche Beweise[2]) für die Wanderung der Sandhügel vor, obwohl andererseits die Beweglichkeit mancher Dünen, besonders der grossen Wüstendünen, angezweifelt wird.

Deshalb muss auch die Geschwindigkeit der Dünen eine recht verschiedene sein. Trockene Luft, eine hohe Temperatur, gleichgerichtete[3]) Winde, die Abwesenheit fliessenden Wassers und ein lockerer, horizontaler Untergrund sind der Bewegung der Dünen förderlich. Ein fester Kern, der beispielsweise auf Verwerfung der Oberflächenschichten des Terrains oder auf innere Feuchtigkeit zurückzuführen wäre, eine festere Verkittung der einzelnen Schichten infolge einsickernder Gewässer, die Kieselsäure, Kalk, Magnesiasalze oder andere geeignete Bestandteile enthalten, entgegengesetzte[3]) Luftströmungen, Unebenheiten des Terrains, das

---

[1]) Geologie des Kurischen Haffes, 1869, S. 223 ff. (Schriften der Kgl. phys. ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg).

[2]) Sokolow und Walther führen in ihren bereits citierten Werken eine Reihe von Beispielen an. Siehe ferner: Peterm. Mitt. Ergänzungsheft, Nr. 11, S. 28; ferner Pet. Mitt. Bd., 32, S. 313; Bd. 37 LB No. 759; Bd. 38 LB. No. 710; Bd. 39 LB. No. 227; Bd. 41 LB. 631; Bd. 44 S. 208 u. LB. No. 474 u. 742; ferner Günther, Geophys., II. Tl. II. Aufl., S. 618; Korresp.-Bl. d. Naturf.-Vereins zu Riga, Bd. 39 S. 40; Deutsche Rundschau f. Geogr. u. Stat., XII. Jahrg., S. 150 ff.

[3]) Walther und Sokolow widersprechen sich in diesem Punkte (Sokolow S. 185/186). Die Thatsachen sprechen aber für Sokolow; denn gerade die Stetigkeit des Windes trägt zur rascheren Wanderung der Dünen bei. Bei Winden aus verschiedener Richtung rücken die Dünen in einer bestimmten Zeit viel langsamer vor; denn was der eine Wind leistet, wird von dem anderen zum Teil wieder

alles sind Faktoren, die wohlgeeignet sind, festere Sandhügel zu schaffen. Ganz stabil ist eine Düne, wenn ihre Oberfläche mit einer Humus- und Pflanzendecke belegt ist, so dass der Sand dem Einflusse des Windes entzogen wird. Wird die Pflanzendecke zerstört, so beginnt die Düne unter Umständen ihre Wanderung von neuem. So waren nach Reclus ehedem alle Küstendünen Europas bewaldet. Die Angeln, Friesen und Bataver besassen in ihren Sprachen kein besonderes Wort für den Begriff Hügel aus lockerem Sande. Sie bezeichneten diese Gebilde geradezu als Wälder, woraus zu genüge hervorgeht, dass dieselben ehedem bewaldet waren. Strabo und Plinius erwähnen des Vorrückens der Dünen mit keinem Worte. Erst im 16. Jahrhundert berichtet Montaigne, dass der Sand an der Küste der Gascogne sich zu bewegen anfange. Die Ursache, weshalb der Sand zu wandern begann, war vor allem der Mensch, der die Wälder schonungslos abholzte. Manchmal kann auch die Brandung an sinkenden Küsten durch die Unterspülung der Dünen zur Zerstörung der Pflanzendecke und Wanderung der Sandhügel beitragen. Waldbrände, das Weiden des Viehes, das Anlegen von Strassen, das Unterminieren der Dünen durch Kaninchen, die manchmal zur wahren Landplage werden, können da und dort ebenfalls zur Wanderung ursprünglich stabiler Dünen Anlass geben. In diesen Fällen gibt uns der Querschnitt einer Düne häufig genaueren Aufschluss über ihre Ruhe- und Bewegungsperioden.[1]

Die Geschwindigkeit der Barchane wäre nach Konschin[2]) der Windstärke direkt und der Masse derselben

aufgehoben. Walther führt ein derartiges Beispiel selbst an, dass nämlich die Dünen im Oxusgebiete infolge des Nordwindes während des Sommers 18 m nach Süden, unter dem Einflusse des Südwindes im Winter wieder 12 m nach Norden wanderten, so dass in jedem Jahre ein Ueberschuss von 6 m Sand durch Wegschaufeln von dem Eisenbahngeleise entfernt werden müsse (Pet. Mitt., Bd 44, S. 207 f.).

[1]) Seite 148.

[2]) Pet. Mitt. Erghft., No. 126, S. 19 u. Sokolow, S. 263.

umgekehrt proportional. Konschin führt einige Belege dafür an, die allerdings nicht verallgemeinert werden dürfen, da sie sich auf Beobachtungen beziehen, die unter ganz besonderen Umständen vorgenommen wurden. Die Sandmassen, die in Betracht kamen, waren sehr gering, der Sand und der Boden sehr trocken, Richtung und Stärke des Windes sowie die Trockenheit während der Beobachtungszeit dieselbe. Die grösste Geschwindigkeit von 70 Fuss beobachtete Konschin bei einem Hügel von 8 Zoll. Geschwindigkeiten von 56, 58 und 10,5 Fuss wurden bei Hügeln von 16, beziehungsweise 21 und 63 Zoll konstatiert. Ferner ist nach Konschin eine wesentliche Differenz in der Geschwindigkeit der Wanderung bei den Einzelbarchanen und bei den Gruppenbarchanen oder Barchanketten zu bemerken. Während die Geschwindigkeit der Einzelbarchane 20 m pro 24 Stunden[1]) betrug, überstieg die der zusammengesetzten Barchane nicht einmal 2 m pro Jahr[1]). Was Konschin von den Barchanen an denen er seine Beobachtungen anstellte, berichtet, gilt im allgemeinen auch von den übrigen Dünen. Die Thatsache, dass die Geschwindigkeit der Wanderung mit der Stärke des Windes wächst und der Masse der Düne umgekehrt proportional ist, wird, wenn keine weiteren Komplikationen hinzutreten, ihre Richtigkeit behalten. Aber es kommt selbstverständlich noch eine ganze Reihe von anderen Faktoren dabei in Betracht, so dass es unbedingt notwendig ist, denselben gebührende Rechnung zu tragen. So spielt die Feuchtigkeit eine ganz hervorragende Rolle bei der Wanderung der Dünen. Sie trägt wesentlich bei zur

[1]) Diese beiden Zahlen geben nach unserer Ansicht das Geschwindigkeitsverhältnis nicht ganz richtig an. Sobald verschiedene Winde wehen, was in einem Zeitraume von einem Jahre gewiss der Fall ist, bewegt sich die Barchankette hin- und her, so dass das Resultat (2 m Geschw. pro Jahr) eigentlich nur als die Differenz der verschiedenen Bewegungen aufzufassen ist. Bei der Beobachtung eines Barchans während eines Zeitraumes von 24 Stunden ist der Wechsel des Windes wenn auch nicht ausgeschlossen, so doch weniger wahrscheinlich.

Unregelmässigkeit ihres Vorrückens. Sobald die Düne aus trockenem Sande besteht, kann sie in kurzer Zeit um ein Beträchtliches fortschreiten; ist sie aber feucht, so tritt, da der feuchte Sand selbst von den kräftigsten Winden nicht transportiert wird, eine Ruhepause in ihrer Veränderung und Bewegung ein.[1])

Daher kommt es auch, dass die Geschwindigkeit derselben Düne bei gleichem Winde sehr verschieden sein kann. Sobalb der trockene Sand weggeweht wird, was ein Fortschreiten des Sandhügels bedeutet, gelangt der feuchte Sand aus dem Inneren der Düne an deren Oberfläche, so dass dem Vorrücken eine Ruhepause folgt. Selbstverständlich kann die Feuchtigkeit auch von aussen herkommen. Ebenso hat Konschin den Unebenheiten des Terrains nicht die gebührende Beachtung geschenkt. Wenn der Boden nicht steiler geneigt ist wie die Dünenluvseite, kann eine Wanderung der Flugsandberge stattfinden. So berichtet uns Andresen, dass die Dünen Jütlands sozusagen die schwach geneigte schiefe Ebene hinaufgeschritten seien. Eine steilere Böschung aber kann den Stillstand einer Düne zur Folge haben. Wie der Sand, der sich vor einem nichtdurchbrochenen Hindernisse anhäuft, durch einen Graben[2]) von demselben getrennt wird, ebenso kann auch ein Sandhügel infolge der reflektierten Luftströmung nicht bis zu einer senkrechten Böschung vorrücken; er wird vielmehr in einiger Entfernung vor derselben zur Ruhe gelangen. So besteht nach Reclus zwischen den Dünen an der Ligurischen Küste und den Steilwänden daselbst schon seit längerer Zeit ein Zwischen-

---

[1]) Deshalb ist auch der Fall nicht ausgeschlossen, dass das Vorrücken der Dünen mit der Richtung der kräftigsten Winde nicht übereinstimmt; denn zur Zeit der vorherrschenden Winde können ergiebige Niederschläge erfolgen, während das Maximum der Trockenheit mit dem Auftreten entgegengesetzter Luftströmungen zeitlich zusammenfallen kann.

[2]) Seite 89 ff. und 130.

raum. Da nun eine sanftere Böschung das Vorrücken der Dünen gestattet, eine nahezu senkrechte Erhebung ihre Bewegung ausschliesst, muss es einen Grenzwinkel geben, bis zu welchem das Vorschreiten einer Düne noch möglich ist. Derselbe wird allerdings variieren und von der Stärke des Windes, von der Korngrösse des Sandes und anderen Faktoren abhängen. In dieser Beziehung liegen aber noch keine näheren Untersuchungen vor. Nach Sokolow müsste dieser Winkel geringer sein als die Neigung der Luvseite einer Düne, also weniger als $15^0 - 17^0$ betragen. Wenn auch das Vorrücken eines Sandhügels bis zu einem senkrechten Steilrande nicht möglich ist, so ist es doch keineswegs ausgeschlossen, sondern es ist sogar erwiesen, dass die einzelnen Sandkörner durch kräftige Winde auf die Höhe einer Terrasse oder eines Plateaus transportiert werden können, da der horizontal streichende Luftstrom in der Nähe des Steilrandes nach oben abgelenkt wird und die Sandkörnchen mit sich reisst, bis sie schliesslich von der oberen Luftströmung erfasst und weiter transportiert werden.

Aus all diesen Gründen ist die Wanderung der Dünen sehr unregelmässig. Zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, dass dieselbe Düne sich in ihren verschiedenen Teilen oft ganz ungleichmässig bewegt, und selbstverständlich muss dies bei ganzen Dünenketten noch viel mehr der Fall sein. Deshalb lässt sich auch Konschins Theorem nicht verallgemeinern. So beobachtete Sokolow eine Düne bei Sestroretzk, deren mittlerer Teil bedeutend rascher wanderte als die beiden Seiten, und Berendt[2]) gibt genauere Zahlen an, welche die Geschwindigkeit des Vorrückens einer Dünenkette auf der Kurischen Nehrung veranschaulichen. Da ergibt es sich denn, dass die Maximalgeschwindigkeit dieser Kette in 24 Jahren im Durchschnitt ca. 73 Ruten betrug, während die Minimalgeschwindigkeit nicht nur 0 war, sondern

[1]) Geologie des Kurischen Haffes 1869, S. 214, Tabelle A.

sogar eine retrograde Wanderung stattfand, indem die Luvseite eines Sandhügels in derselben Zeit sich ca. 28 Ruten dem Meere näherte, was wohl auf eine sehr starke Sandzufuhr daselbst zurückzuführen wäre. Eine Verschiebung der Luvseite kann doch nur dann stattfinden, wenn die Menge des abgetragenen Materials die Sandzufuhr überwiegt. Es kommt bei der Wanderung einer Düne auf die Verschiebung des Kammes an, und diese ist wieder von der relativen Sandmenge abhängig, die sich auf beiden Seiten [1]) des Hügels ablagert.

Ebenso hat Gottfriedt[2]) das unregelmässige Vorrücken der Dünenkette am Rigaischen Meerbusen durch Zahlen bewiesen. Bei dem Wandern ganzer Ketten kommen eben die allerverschiedensten Faktoren in Betracht: besonders die Lage der Kette der Küste und den vorherrschenden Winden gegenüber, die Menge der Sandzufuhr und das Relief des Bodens. Deshalb hat auch Sokolow Recht, wenn er den Schluss, dass diejenigen Dünen, welche am meisten vom Meere entfernt seien, zugleich die älteren wären, als etwas gewagt bezeichnet, und Elie de Beaumont bringt aus demselben Grunde den Dünen, diesen „Riesensanduhren", grosses Misstrauen entgegen.[3]) Das relative Alter der Dünen lässt sich übrigens schon aus dem Grunde aus ihrer Entfernung von der Küste nicht genau bestimmen, da die Strandlinie durch längere Zeiträume hindurch nicht immer stationär bleibt.

Die Geschwindigkeit ist bei den Küstendünen im allgemeinen am grössten. Am Strande herrschen kräftige

---

[1]) Wenn sich in einer bestimmten Zeit auf der Luv- und Leeseite dasselbe Sandquantum abgelagert hat, wird der Dünenkamm trotzdem weitergewandert sein, da dasselbe Material auf der steil geneigten, kürzeren und kleineren Leeseite eine dickere Schicht einnimmt als auf der längeren und daher grösseren Luvseite.

[2]) Beiträge zur Kenntnis des Mündungsgebietes der Düna, Korresp.-Blatt des Naturf.-Vereins zu Riga, XXI. Jahrgang, S. 113 ff.

[3]) Seite 95.

Seewinde[1]) vor, und wenn sie auch von Landwinden abgelöst werden, so erreichen diese doch sehr selten die Stärke der auflandigen Luftströme. Bedeutend langsamer wandern die Flussdünen. In den Flussthälern sind vorherrschende Winde weitaus seltener; zudem wird ihre Stärke ganz bedeutend gemindert durch die im Inneren des Landes auftretende Vegetation, durch die menschlichen Ansiedelungen, überhaupt durch die mehr oder minder bedeutenden Unebenheiten des Terrains.

Noch langsamer wandern die grossen[2]) Dünenketten in der Wüste, so dass man deren Beweglichkeit sogar bestritten hat. Es ist wahr, dass das Beobachtungsmaterial gerade bei diesen Sandhügeln weniger zuverlässig ist, wie bei den übrigen Dünen, deren Veränderung schon um der Gefahr willen, die eine Wanderung für das benachbarte Kulturland mit sich bringt, eingehender studiert wurde. Und so gehen denn die Meinungen bezüglich der grossen Wüstendünen in diesem Punkte auseinander. Einerseits wird behauptet, dass sie ihren Ort beibehalten;[3]) andererseits werden evidente Beispiele für ihre Veränderlichkeit und Bewegung[3])

---

[1]) Das Vorherrschen kräftiger Seewinde ist vor allem auf die Thatsache zurückzuführen, dass das Meer den Winden nicht nur keine Hindernisse entgegenstellt, sondern den Bewegungen derselben sogar zu folgen strebt. Zuweilen kann der Seewind derart überwiegen, dass er die mittlere Windrichtung eines Landstriches örtlich in die entgegengesetzte Richtung zu verwandeln vermag, was Mohn für Yarmouth an der Ostküste Englands beweist (Grundzüge der Meteor., 1875, S. 123 u. 3. Aufl. 1883, S. 148. Siehe ferner Pet. Mitt. 1898, LB. 43,2. Trotz allem ist es nicht ausgeschlossen, dass an manchen Küsten die Landwinde dominieren, wie in Südfrankreich, an der Nordküste des Schwarzen Meeres (Sokolow S. 56/57) und an der Küste Syriens (Pet. Mitt. Ergh. XI, S. 26.)

[2]) Die Wanderung der kleinen Dünen und Barchane wurde noch nie bestritten. Ebensowenig ist das Vorrücken der Dünen in den Wüsten Asiens erwiesen. Es handelt sich hier nur um die grossen Dünenketten der Sahara, deren Wanderung angezweifelt wird.

[3]) Walther und Sokolow führen eine Reihe von Zeugnissen an, die für beide Thatsachen, für die Stabilität und für die Beweglich-

angeführt. So schreibt beispielsweise v. Zittel[1]: „Die grossen Dünengebiete haben seit Menschengedenken ihren Platz nicht verändert, ihre Hauptketten, ihre Gipfel tragen Namen; zwischen ihnen gibt es Brunnen, auf die der Reisende mit Sicherheit rechnen kann;" er gibt aber auch zu, dass eine äusserst langsame Verschiebung der Dünenketten möglich wäre[1]: „ Um eine Dünenkette von 100—150 m Höhe und einem bis 2 km Durchmesser nur um einen Fuss zu verschieben, bedarf es sicherlich enorm langer Zeiträume." Ebenso glaubt Rolland[2]) an eine zwar langsame, aber immerhin nachweisbare Verschiebung der Dünen im Erggebiete: „Les grandes dunes marchent, elles s'élèvent, elles s'étendent. Leur progression n'est pas, en général du moins, notable dans la durée d'une génération; mais elle n'en est pas moins continue . . . . Les grandes dunes ne sont pas, à proprement parler, mobiles, mais elles présentent une progression lente suivant la résultante mécanique des vents."

Wie erklärt sich dieser Widerspruch? Man wird wohl das Richtige treffen, wenn man mit Walther, Muschketow und Sokolow der Meinung ist, dass ein Teil der Dünen beweglich ist, während den anderen die Stabilität nicht abzusprechen ist. Zu diesen gehören die grossen Zerstörungsdünen[3], die nichts weiter sind als Hügel, über welchen sich eine Sanddecke ausgebreitet hat, die an Ort und Stelle infolge der Zerstörung des Gesteines durch die atmosphärischen Kräfte entstanden ist. Die übrigen Sandhügel sind beweglich, wenn auch die Veränderung ihrer Lage nur durch die allersorgfältigsten Beobachtungen konstatiert werden kann. Die Ursache dieser äusserst langsamen Wanderung liegt wohl darin, dass die Dünenketten in der Sahara eine

---

keit der Dünen, sprechen. Nach Sokolow wäre die Frage nach der Wanderung der grossen Kontinentaldünen im allgemeinen zu bejahen.

[1]) Paläontographica XXX, I. Tl., S. 139.

[2]) Géol. du Sahara, Alg. 1890, S. 228.

[3]) Seite 161.

grosse Masse bilden, dass die Kettensande im allgemeinen stabiler sind, wie die Einzeldünen,[1]), dass vorherrschende Winde seltener sind, und dass die Luftströmungen in einem stark zerschnittenen Terrain, als welches die Sahara mit ihren grossen Dünenketten gelten muss, vielfach abgelenkt und geschwächt werden. Einige Zahlen mögen hier angeführt werden, um darzuthun, wie rasch sich die Wanderung der Dünen vollzieht. Zuverlässige Resultate haben wir allerdings nur da zu verzeichnen, wo genauere Beobachtungen vorgenommen wurden, um durch entsprechende Massregeln die Bewegung der Dünen zu hemmen. Ganz besonders gilt dies von den Küstendünen. So rücken die der Kurischen Nehrung nach Berendt ca. 5—6 m pro Jahr vor; die Geschwindigkeit der Dünen auf der Frischen Nehrung bestimmt Hagen zu 5,5 m, Krause zu 3,7—7 m; die Dünen auf Sylt wandern nach dem Grafen Baudissin 5 m, die Dänemarks nach Andresen 1—7 m pro Jahr. Rascher bewegen sich die Flugsandberge an der Atlantischen Küste,[2]) da die Winde daselbst kräftiger sind. Die Dünen in der Gascogne legen nach Brémontier an einigen Stellen einen Weg von 20—25 m zurück, während die jährliche Geschwindigkeit einer ganzen Kette nach Delesse nicht einmal 2 m beträgt. Nach E. de Beaumont wären die Dünen in der Bretagne im Durchschnitt sogar 135 m pro Jahr vorgerückt, da sie in 200 Jahren ca. 27 km zurückgelegt hätten. Bei den Flussdünen wird die Geschwindigkeit um ein Beträchtliches geringer[3]) als bei den Stranddünen, und bei den kon-

---

[1]) Seite 164.

[2]) Nach Wessely (Der europ. Flugsand, 1873, S. 62) wäre die Geschwindigkeit der Sandhügel der Stärke des Windes proportional; das Vorrücken der Dünen im Banat, an der Nordsee und am Atlantischen Ocean verhielte sich demnach ebenso wie die Geschwindigkeit der Winde daselbst, nämlich wie 1 : 2 : 4. Wir haben bereits gesehen, dass diese Behauptung nicht immer zutreffend ist, da das Vorrücken der Flugsandberge von den verschiedensten Bedingungen abhängt.

[3]) Seite 168.

tinentalen Anhäufungsdünen ist sie kaum nachweisbar. Die Barchane erreichen dagegen oft genug die Geschwindigkeit der Küstendünen; bei den Zerstörungsdünen aber, die in allen Wüsten vorkommen können, kann von einer Bewegung nicht mehr die Rede sein. Ebenso sind die im Entstehen begriffenen Dünen, die sogenannten Zungenansätze, jene Sandansammlungen auf der Leeseite eines durchbrochenen Hindernisses, unbeweglich, so dass sie sich auch in dieser Beziehung von einer fertigen Düne unterscheiden.[1])

Der Vorgang, der sich beim Wandern einer frisch gebildeten Düne abspielt, ist im grossen und ganzen derselbe wie bei den fluviatilen und aeolischen Kräuselungsmarken. Auf der Luvseite einer wandernden Düne beobachtet man überall ruhende und fortschreitende Körner: einige beginnen die Wanderung, während andere in demselben Augenblicke wieder zur Ruhe gelangen. Dabei kommt es bei demselben Korne vor allem auf die Stärke des Luftstromes, die ja durch das stossweise Auftreten desselben wechselt, ferner auf seine Lage an. Zuweilen wird die breite Fläche desselben bei abnehmender Windstärke nach unten zu liegen kommen, so dass es die schmälere Seite dem Luftstrome zukehrt. Dann bleibt es so lange in Ruhe, bis ein stärkerer Windstoss erfolgt, oder bis andere Körner in seiner Nachbarschaft weggeblasen werden, so dass es über diese hervorragt, deshalb vom Winde von neuem erfasst wird und sich zu bewegen beginnt. Die auf der Luvseite hinaufwandernden Körner sammeln sich auf der Leeseite wieder an und bilden daselbst den natürlichen Böschungswinkel. Ist der Windstoss in dem Augenblicke, wo ein Sandkorn den Kamm der Düne erreicht, ziemlich kräftig, so kann dasselbe, falls es nicht zu schwer ist, emporgehoben werden, indem es dem auf der Leeseite in kraft tretenden und nach oben gerichteten wirbelartigen Kompensationsstrome folgt. Das Emporwirbeln von Sand-

---

[1]) Sokolow, Seite 71.

körnern am Gipfel der Dünen ist oft genug beobachtet worden. Die Erscheinung gleicht einem rauchenden Vulkane. Die emporgeschleuderten Sandkörnchen werden dann von dem höheren Luftstrome erfasst, so dass sie auf der Leeseite der Düne überhaupt nicht zur Ablagerung gelangen. Der Transport von Sandmassen über den Kamm der Düne hinweg wurde bei kräftigen Winden ebenfalls konstatiert; der grösste Teil des Sandes jedoch, der auf der Luvseite emporwandert, wird wieder auf der Leeseite zur Ablagerung gelangen. Dadurch werden die Sandkörner im Windschatten einer Düne von anderen bedeckt, so dass sie nach dem Inneren derselben und von hier immer mehr und mehr gegen die Luvseite vorrücken, auf der eine Sandschicht nach der anderen weggeblasen wird. Auf diese Weise wandern die einzelnen Sandhügel eines ganzen Sandgebietes in der Richtung des vorherrschenden Windes. Dabei wachsen einzelne Dünen oder auch kleinere Ketten derselben zusammen, so dass Dünen-Gruppen oder langgestreckte -Züge entstehen. Es mag schliesslich noch in aller Kürze auf die Anordnung und Gruppierung dieser Gebilde eingegangen werden.

Gruppierung der Dünen.

Bei einer Wanderung durch eine Dünenlandschaft fällt einem zunächst die unregelmässige Verteilung der Sandhügel auf. Kleinere und grössere liegen direkt neben einander. Bald führt der Pfad, der das Flugsandgebiet durchquert, parallel zu einer Dünenkette dahin; bald biegt er in ein Querthal ein, oder er umgeht einen Hügel, indem er an der Luvseite quer emporsteigt, am Seitenabhange hinzieht und so nach der Leeseite geleitet. Besteigt man aber eine höhere Düne, von der man das Gebiet einigermassen überblicken kann, so gewahrt man doch eine mehr oder minder gleichmässige Anordnung des ganzen Systemes. Zunächst wird sie dadurch hervorgerufen, dass die kurzen und steilen Leeseiten ebenso wie die langen und sanft geneigten Luvseiten alle gleich gerichtet sind. Ferner kommt in Betracht, dass die Dünenketten im grossen und ganzen parallel sind,

wenn auch der Parallelismus sehr oft gestört und ebenso wie bei den Kräuselungsmarken nur im allgemeinen gewahrt wird; denn bei beiden Gebilden sind es dieselben Faktoren, welche einerseits die parallele Anordnung hervorrufen und andererseits den gesamten Parallelismus stören. Bald wird eine Düne durch die Unebenheiten des Terrains oder durch den Pflanzenwuchs zurückgehalten, bald nimmt sie eine vor dem Winde geschützte Lage ein, so dass sie von einer benachbarten eingeholt wird. War aus ähnlichen Gründen der Grundriss der einzelnen Dünen nicht so gleichmässig, so ist dies noch vielmehr bei einer ganzen Kette der Fall, bei der mit der Grösse des Terrains auch die Anzahl der Komplikationen wächst. Diese treten manchmal so zahlreich auf, dass es wirklich schwer wird, die parallele Anordnung der Sandhügel zu erkennen.[1])

Im allgemeinen ist die Anordnung einer Dünenkette um so regelloser, je älter sie ist und je weiter sie sich von ihrem ursprünglichen Orte entfernt hat, da ja die Ruhe- und Bewegungsperioden in ihren einzelnen Teilen nicht gleichzeitig eintreten. Der Parallelismus wird vollends aufgehoben, wenn eine Düne die andere überholt. Dann entsteht eine zur Windrichtung parallele Sandanhäufung.

Bei ihrer Vereinigung verlieren die Sandhügel zum Teil ihre charakteristischen Formen. Die Regelmässigkeit des Profils wird weniger beeinträchtigt wie die des Grundrisses. So verlieren z. B.[2]) die Barchane, sobald sie zusammenwachsen, ihre sichelförmige Gestalt, so dass eine Barchankette nicht mehr als solche zu erkennen ist.

---

[1]) Nach Hagen z. B. bei den Dünen von Katwijk. — Bei Bernaten an der kurländischen Küste, so berichtet Sokolow, bilden die Dünen ein ziemlich verworrenes Netz von Ketten, Hügeln und Thälern, wenn sich auch ein gewisses Bestreben zur Reihenanordnung nicht verkennen lässt.

[2]) Dasselbe ist bei den Bogendünen der Fall (Sokolow, S. 89).

Die Dünenzüge haben in der Regel das gemeinsam, dass sie eine mehr oder minder reiche vertikale Gliederung[1]) aufweisen. Grössere und kleinere Erhebungen wechseln miteinander. Zwischen den einzelnen Ketten ziehen parallele Längsthäler hin; aber auch Querthäler kommen vor, besonders da, wo die Ketten Lücken aufweisen, sei es, dass die ursprünglichen Hügel da und dort nicht vollständig zusammengewachsen sind, sei es, dass der Wind an irgend einer Stelle die Kette zerrissen und eine Mulde ausgegraben hat. Zwischen den einzelnen Ketten liegen oft Einzeldünen, welche ihre charakteristische Form beibehalten haben, falls die Ausdehnung des Terrains ihre normale Entwickelung gestattete.

Die mehr oder minder parallele Anordnung der Sandketten ist überall beobachtet worden. Am wenigsten tritt sie bei den Flussdünen zutage, am auffallendsten bei den Strand- und Kontinentaldünen. Sokolow warnt sogar[2]) vor der Unvorsichtigkeit, die Festlandsdünen wegen ihrer reihenförmigen Anordnung[3]) als ehemalige Stranddünen anzusprechen. Und somit tritt die Frage an uns heran: woher kommt denn überhaupt die parallele Anordnung der Dünen? Frhr. v. Richthofen[4]) schreibt: „Es könnte sich (an einer zur Windrichtung senkrecht stehenden niederen Bodenterrasse)

---

[1]) v. Zittel vergleicht die Dünen der Sahara mit einer Gebirgskette, die schon „von der Ferne an ihrer weingelben Farbe und ihrem vielköpfigen Profil kenntlich wird.“ (Beitr. zur Geol. u. Paläont. d. Lib. Wüste, Paläontographica 30, I. Tl., S. 10.)

[2]) Sokolow, S. 269, Anm. 1.

[3]) So schreibt Rolland: „Celui qui traverse une grande chaîne de dunes, se croit au milieu d'un dédale inextricable, mais s'il gravit une cime élevée, il est dédommagé de ses fatigues par le spectacle grandiose auquel il assiste: les dunes qui l'entourent de toutes parts, ressemblent, surtout quand elles sont bien orientées parallèlement, aux lames de l'Océan s'élevant les unes derrière les autres jusqu'aux limites de l'horizon; c'est comme une mer de sable, soulevée par un vent furieux, puis tout à coup solidifiée.“ (Sur les grandes dunes de sable du Sahara; Bull. soc. géol. de France, X, p. 33.)

[4]) Führer f. Forschungsreisende, S. 444.

eine hohe und permanente Düne bilden, welche, gerade wie bei der Küstenumsäumung, das Entstehen paralleler Dünenreihen auf der Leeseite zur Folge haben würde.“ Er ist offenbar der Ansicht, dass eine Düne zur Bildung anderer Veranlassung geben könne, was jedoch nicht an sich klar ist. Im Windschatten eines Sandhügels lagern sich die Körner, da hier keine weitere Kraft wirkt als die Attraktion der Erde, ihrem natürlichen Böschungswinkel gemäss ab. Sie fallen auf der Leeseite herab und tragen zur Ausbildung derselben bei, oder sie werden, wenn sie weiter rollen sollten, erst später zur Ablagerung gelangen. Falls sie im Windschatten zur Ruhe gelangen, kann sich keine Düne bilden, weil der Wind den toten Raum nicht bestreicht, und falls sie noch weiter herabrollen sollten, werden sie plötzlich, sobald sie an der Grenze des toten Raumes angelangt sind, von neuem, wenn auch nur wenig angestossen, so dass sie wieder lebhafter zu wandern beginnen.[1]) Ohne Hindernis ist die Bildung eines neuen Sandhügels auf der Leeseite einer primären Düne undenkbar. Der Grund für eine reihenweise parallele Anordnung liegt vor allem[2]) darin, dass die die Dünen erzeugende Kraft, gerade wie bei den fluviatilen Kräuselungsmarken, im grossen und ganzen dieselbe Richtung hat, und dass dieselben Hindernisse den Ansatzkern für die Einzeldünen, ja sogar für ganze Dünenketten bilden. Die Sandhügel verändern ja ihren Ort, indem der Wind auf der Luvseite das Material wegbläst, das auf der Leeseite wieder zur Ablagerung gelangt. Auf diese Weise muss ein Strauch, der im Inneren einer Düne sich befindet, auf der Luvseite allmählich wieder zum Vorschein

---

[1]) Sobald ein Korn durch kräftigere Windstösse angestossen wird und in Bewegung gerät, bewegt es sich auch noch bei verminderter Windstärke fort (Sokolow, S. 14).

[2]) Nach Walther wären die Dislokationen in der Wüste zwar ziemlich häufig; sie brauchten jedoch seiner Ansicht nach nicht zur Erklärung paralleler Dünenzüge herangezogen zu werden.

kommen, so dass er von neuem den Ansatzkern für die Sandmassen zu bilden imstande ist. Da nun die Küstendünen auf einem verhältnismässig schmalen Raume entstehen, und da dieselben Niveauunterschiede massgebend sind, erscheinen sie im grossen und ganzen parallel gerichtet. Je weiter sie nach dem Inneren des Landes wandern, desto regelloser ist ihre Anordnung, da die alsdann beginnende Vegetation einzelne Teile derselben zurückhält und so das Gesamtbild des Parallelismus stört.

Immerhin wird aber die parallele Anordnung im allgemeinen noch gewahrt bleiben, selbst bei den Dünen, die wir ihrer Entstehung nach als Fluss- oder Kontinentaldünen bezeichnen müssen. Die vorherrschenden Winde haben ja seit langem ihre Richtung beibehalten, und da die Dünenketten infolge der Vereinigung mit ihren Seiten in der Regel senkrecht zur Windrichtung verlaufen, müssen sie auch untereinander parallel sein. Die regelmässige Anordnung[1]) der Kontinentaldünen, wäre also dadurch zu erklären, dass derselbe Wind die Einzeldünen gebildet hat. Ebenso wäre aber auch die Thatsache, dass bei den Flussdünen weniger Neigung zur parallelen reihenförmigen Anordnung besteht, auf die Abwesenheit vorherrschender Winde und auf das stark koupierte Terrain zurückzuführen.

---

[1]) Da, wo der Sandvorrat zur Bildung ausgedehnter Dünenketten nicht hinreicht und die Vegetation zugleich eingreift, ist die reihenförmige Anordnung allerdings seltener wie in Turkestan. (Sokolow, S. 266/67.)

Schluss.

Vorstehende Ausführung zeigt, dass die unsymmetrischen Kräuselungsmarken und Dünen im grossen und ganzen dieselben Eigenschaften besitzen, weshalb auch eine gemeinschaftliche Betrachtung dieser beiden Gebilde angezeigt erschien. Ja eine gemeinsame Besprechung derselben ist geradezu erforderlich, da die Erklärungen beider Erscheinungen einander ergänzen; ebenso ist aber auch ein Vergleich zwischen den aeolischen und marinen Kräuselungsmarken, zwischen den Dünen und Strandwällen geboten, um ihre unterscheidenden Merkmale bestimmter hervortreten zu lassen. Dieselben wurden ja bekanntlich nicht immer festgehalten, so dass es zu häufigen Verwechselungen kam. Am greifbarsten ist wohl der Unterschied zwischen den Dünen und Strandwällen, so dass eine gründliche Untersuchung der Eigenschaften beider Gebilde uns stets in den Stand setzt, ihre Entstehung zu erklären. In dieser Beziehung mag auf die früheren Ausführungen[1]) hingewiesen werden.

Nicht so bestimmt treten die Kriterien bei den verschiedenen Arten von Kräuselungsmarken hervor. Deshalb ist aber auch eine grössere Vorsicht bei ihrer Beurteilung geboten. Bisher hat man fossile Kräuselungen ganz allgemein als marine Bildungen angesprochen. Aus der bisherigen Betrachtung geht jedoch hervor, dass sie nicht immer marinen Ursprungs sind, dass sie unter Umständen auch als fluviatile oder aeolische Bildungen aufzufassen sind, da eine

---

[1]) S. 150 ff.

Verkittung losen Sandes zu festem Gesteine oft genug beobachtet wurde[1]. Walther ist ebenfalls der Ansicht, dass fossile Kräuselungsmarken keine spezifische Wassererscheinung[2] sind, gerade wie Schichtenbildungen nicht immer eine dereinstige Wasserbedeckung zur Voraussetzung haben.

So berichtet Forchhammer[3] von der Schichtung der Dünen an der Küste Jütlands und hebt hervor, dass nicht jede Schichtenbildung das Resultat einer Wasserbedeckung[4] zu sein braucht. Neuerdings kennt man ja auch mehrere Arten von Sandablagerungen, und zudem weiss man, dass nicht alle Sedimente wässerigen Ursprungs horizontal liegen, wie man solches bisher anznnehmen geneigt war.[5] Es darf demnach aus dem Vorhandensein von Kräuselungen noch keine marine Bildung gefolgert werden. Bei Beurteilung der Entstehung dieser Gebilde wird zunächst ihre Gestalt, ferner die Verteilung des Sandes zu berücksichtigen sein. Was ihre Form anbelangt, so soll hier auf die früheren Ausführungen[6] hingewiesen werden. Erwähnt sei nur noch, dass die Bildung des Kammes keinen durchgreifenden Unterschied zwischen den verschiedenen Kräuselungen aufweist. Die Windrippungen Lyells hatten, gerade wie die von uns selbst beobachteten fluviatilen Gebilde, einen scharfen Kamm; die aeolischen Kräuselungen Walthers dagegen waren

---

[1]) Seite 7 u. 8.

[2]) „Ich erwähne das, weil häufig die Anwesenheit von Rippelmarken auf Sandsteinflächen als ein Beweis für marine Bildung angesehen wurde; ein solcher Schluss ist unzulässig."

[3]) Neues Jahrbuch f. Mineral. 1841, S. 7 ff.

[4]) Auch v. Middendorff, Walther u. a. konstatierten, wie bereits erwähnt, bei den Dünen verschiedene Schichten, die zum Teil auf die wechselnde Windstärke zurückzuführen wären. Zuweilen kommt es vor, dass die einzelnen Sandablagerungen von einer Staubschicht überzogen werden, die dann unter dem Einfluss der atmosphärischen Feuchtigkeit verhärtet.

[5]) Sokolow, Seite 209 ff.

[6]) Seite 30 ff., 58 ff., 68 ff., 85 ff., 101 ff.

bald flach, bald kantig. Bei den im Wasser frisch gebildeten Kräuselungsmarken sind die Gipfel, wie Darwin berichtet, scharf. Forel und Hunt bestätigen diese Thatsache und fügen hinzu, dass sich die Kämme mit zunehmendem Alter verflachen.[1] Daher bietet die Gestalt des Gipfels kein Kriterium für die Entstehungsart der Kräuselungen.

Ferner käme die Verteilung des Materials in Betracht. Walther und Stapff[2]) berichten nämlich, dass sich die gröberen Sandkörner zuweilen am Gipfel der aeolischen Kräuselungsmarken absetzen, was nach den Wahrnehmungen de Candolles und Forels bezüglich der fluviatilen und marinen Bildungen (Walther S. 778) nicht der Fall wäre. Ebenso haben die besprochenen Experimente ergeben, dass die schweren Sandkörner stets unten, die leichteren oben zur Ablagerung gelangen. Es ist bei Walthers und Stapffs Beobachtungen wohl anzunehmen, dass die betreffenden Furchen zuerst aus grobem Sande gebildet und

---

[1]) Bei älteren trocken gelegten und ebenso bei fossilen Rippungen zeigt das Thal gewöhnlich eine scharfe Rinne, während der Kamm flach ist. Es bildet einen natürlichen Abzugskanal für fliessendes Wasser, das eine derartige Rinne auszuhöhlen strebt. So kann man nach Geikie den Abdruck einer ursprünglichen Kräuselungsmarke von dem Originale unterscheiden, da bei jenem eine kleine Kante auf dem Gipfel sich vorfindet, die der Rinne im Thale des Originals entspricht. (Man. of Geol. v. Jukes and Geikie, III. Ed, p. 163.) Nach Keilhack könnte man eine symmetrische Kräuselungsmarke von ihrem Abdrucke nicht unterscheiden. Die bei Keilhack angegebene Figur (No. 19a) ist nach unserer Ansicht nicht glücklich gewählt; denn bei den gerundeten Gipfeln und scharfen Rinnen in den Thälern müsste ein Abdruck durch seine scharfen Kämme und gerundeten Mulden leicht zu erkennen sein. Da bei den unsymmetrischen Kräuselungen die Gipfel scharf, die Mulden gerundet sind, kann man nach Keilhack das Original von seinem Abdrucke unterscheiden. Dieser Unterschied kommt bei der Feststellung, ob es sich um die obere oder untere Seite einer Schicht handelt, in Betracht (Keilhack, Lehrbuch der prakt. Geologie, 1896, S. 57, 59 f.)

[2]) Stapff schreibt: „Der schwere Sand nimmt immer die Kämme, der leichtere die Vertiefungen der Windrippeln ein" (citiert bei Walther). Walther, Einleitung in die Geol. als hist. Wiss., S. 797.

später zum Teile von feinerem Flugsande beim Abflauen des Windes bedeckt wurden.

Bezüglich der Dünen weist Sokolow darauf hin, dass die kleineren Körner, obwohl ihre Verteilung keine regelmässige sei, bei schwacher und mässig starker Luftbewegung gewöhnlich den obersten Teil der Dünen ausgestalteten; bei stärkeren Winden jedoch sei eine derartige Aufbereitung nicht mehr nachzuweisen. An einer anderen Stelle fügt er hinzu, dass man trotzdem in jeder Hand voll Sand gröbere und feinere Körner wahrnehmen könne. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass die Form des Kornes, sowie dessen Lage dem Wind gegenüber von ebenso grosser Bedeutung ist, wie die Grösse und das spezifische Gewicht desselben. Durchgreifender ist dagegen die Sonderung von grobem und feinem Materiale bei den fluviatilen Kräuselungsmarken. In den von uns beobachteten Gewässern haben wir die grösseren Körner stets auf der Leeseite der Wasserdünen zu konstatieren vermocht. Diese Thatsache fand bereits ihre Erklärung.[1])

Aus alledem geht hervor, dass man die Entstehung frisch gebildeter Kräuselungsmarken auf Grund ihrer Eigenschaften feststellen kann: Die symmetrischen sind auf den Wellenschlag zurückzuführen und kommen demnach nur im Meere, beziehungsweise in Seen vor; die unsymmetrischen Gebilde verdanken einem konstanten Wasserstrome oder dem Winde ihre Existenz. Letztere sind vorzugsweise im Rinnsal fliessender Gewässer anzutreffen, ohne dass ihr Vorkommen am Flachstrande ausgeschlossen wäre, da die Gezeitenströme recht wohl imstande sind, ihre symmetrische

---

[1]) Seite 96 ff. Das Gegenteil scheint auch hier wieder bei den aeolischen Kräuselungsmarken der Fall zu sein (Walther, S. 774), so dass die Ablagerung der Sandkörner bei den unter Wasser und unter Wind gebildeten Kräuselungen in jeder Beziehung verschieden wäre. (Walther, S. 96).

Form umzugestalten.[1]) Ebenso wäre die Verteilung der Sandkörner bei der Beurteilung frischer Gebilde massgebend; bei den fossilen Kräuselungsmarken jedoch ist nach unserer Erfahrung keine deutliche Sonderung des Materiales auf der Luv- und Leeseite, beziehungsweise am Kamme und im Thale zu erkennen, weshalb vor allem ihre Form bei der Feststellung ihrer Entstehung in Betracht käme. Und so gelangen wir denn zu dem Ergebnis, dass fossile Kräuselungsmarken mit gleichen Seiten als marine, beziehungsweise lakustrine Sedimente anzusprechen wären. Die unsymmetrischen Gebilde können marinen, fluviatilen oder aeolischen Ursprungs sein. Für eine marine Entstehung müssten wir uns dann entscheiden, wenn sich ausserdem noch regelmässige Rippungen vorfänden.

Wir haben aus ein und demselben Steinbruche am Abhange des Nollen bei Neustadt a. d. Haardt 23 Sandsteine gesammelt, welche mit Kräuselungen bedeckt waren. Die Sandsteinplatten wiesen je nach ihrer Grösse, ca. 3—13 Exemplare auf. Auf 15 Steinplatten waren die Furchen gleichseitig, während die übrigen von unsymmetrischen Kräuselungen bedeckt waren. In diesem Falle müssten wir uns für eine marine oder lakustrine Bildung entscheiden; denn nur dann finden beide Arten ihre Erklärung. Kommen aber auf einem Terrain nur unsymmetrische Rippungen vor, so kann ihre Entstehung aus ihren Eigenschaften allein noch nicht gedeutet werden. Es wäre deshalb noch zu untersuchen, ob die betreffenden Gebilde in dem ehemaligen Rinnsale eines Flusses sich vorfinden, ob Erosionserscheinungen eine fluviatile Bildung wahrscheinlich machen, oder ob das betreffende Terrain frei ist von den Spuren des fliessenden Wassers. In diesem Falle wären die Kräuselungsmarken als aeolische Gebilde zu betrachten, wenn die Beschaffenheit des in Frage kommenden Gebietes diesen Schluss gestattete. Unsymmetrische Kräuselungsmarken allein können

[1]) Seite 58 u. 69 Anmerkung.

uns aber kaum zu der Annahme berechtigen, dass gewisse Sedimente entweder marinen, fluviatilen oder aeolischen Ursprungs sind; daher werden wir bei der Feststellung der Bildungsarten von Sedimenten in der Regel noch auf andere geologische Anzeichen angewiesen sein.

Nachschrift.

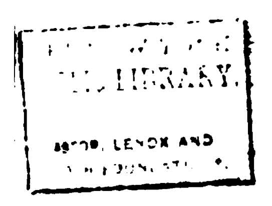
Cornish hat unlängst (On Kumatology, Geograph. Journal, 1899, S. 626 ff.) die Lehre von den Rippungen als Bestandteil eines neuen Wissenszweiges, der „Kymatologie", skizziert, und durch Baschin ist dieser Gedanke in sehr ansprechender Weise weitergeführt worden (Die Entstehung wellenförmiger Oberflächenformen; ein Beitrag zur Kymatologie, Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1899, S. 408 ff.). Die volle Beachtung des Geographen verdient auch das soeben von P. Gerhardt, dem mehrere andere namhafte Fachmänner zur Seite standen, herausgegebene Werk über den Dünenbau.

Namenregister.

(Auch für die Anmerkungen.)

Sachregister.

(Auch für die Anmerkungen.)



MÜNCHENER
GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ZEHNTES STÜCK:

JOHANN JACOB SCHEUCHZER

DER

BEGRÜNDER DER PHYSISCHEN GEOGRAPHIE DES HOCHGEBIRGES

VON

DR. FRANZ XAVER HOEHERL
ASSISTENT AN DER K. REALSCHULE IN WEILHEIM.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1901.

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ZEHNTES STÜCK:

JOHANN JACOB SCHEUCHZER

DER

BEGRÜNDER DER PHYSISCHEN GEOGRAPHIE DES HOCHGEBIRGES

VON

DR. FRANZ XAVER HOEHERL

ASSISTENT AN DER K. REALSCHULE IN WEILHEIM.

MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.

1901.

JOHANN JACOB SCHEUCHZER

DER

BEGRÜNDER DER PHYSISCHEN GEOGRAPHIE DES HOCHGEBIRGES.

VON

FRANZ XAVER HOEHERL

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1901.

Inhalt.

A. Quellen.

1. J. J. Scheuchzer, Einladungs-Brief, zu Erforschung natürlicher Wunderen, so sich im Schweitzer-Land befinden. Zürich 1697.

2. „ „ „ Historiae Helvetiae naturalis Prolegomena. Tig. 1700.

3. „ „ „ Stoicheiologia ad Helvetiam applicata. ibid. 1700.

4. „ „ „ Specimen Lithographiae Helveticae curiosae. ibid 1702.

5. „ „ „ Beschreibung der Naturgeschichten des Schweizerlandes, 3 Bände. Zürich 1706—1708.

6. „ „ „ Piscium querelae et vindiciae. Tiguri 1708.

7. „ „ „ Herbarium diluvianum. ibid. 1709.

8. „ „ „ Nova Helvetiae tabula geographica. ibid. 1712.

9. „ „ „ Οὐρεσιφοίτης Helveticus (Itinera alpina), 4 Teile. Leyden 1723.

10. „ „ „ Aerographiae Helveticae partes II. Tiguri 1733—1725.

11. „ „ „ Homo diluvii testis. ibid. 1726.

12. „ „ „ The barometrical method of measuring the Height of mountains. Philosophical Transactions, No. 405—406, 1728.

13. „ „ „ De Helvetiae aeribus, aquis, locis specimina duo. Tiguri 1728—29.

14. „ „ „ Beschreibung des Wetter-Jahrs 1731. ibid. 1732.

15. „ „ „ Cataclysmographia Helvetiae. ibid. 1733.

16. „ „ „ Physica oder Natur-Wissenschaft, 2 Bände. 4. Aufl. ibid. 1743.

17. „ „ „ Naturhistorie des Schweizerlandes, 3 Bände. 2. Aufl. ibid. 1752.

18. Joh. Gg. Sulzer, J. J. Scheuchzers Natur-Geschichte des Schweitzerlandes, 2 Bände. Zürich 1746. (Enthält eine deutsche Bearbeitung von No. 5 u. 9.)

Abkürzungen.

1. Stoicheiol. = Stoicheiologia ad Helvetiam applicata . . . (n. 3.)
2. B. N. G. = Beschreibung der Naturgeschichten des Schw.-Lds. (n. 5.)
3. Itin. alp. = Οὐρεσιφοίτης Helveticus . . . . (n. 9.)
4. Aerogr. = Aerographia Helvetica . . . . (n. 10.)
5. Helv. aer. = De Helvetiae aeribus, aquis, locis . . . . . (n. 13.)
6. Phys. = Physica oder Natur-Wissenschaft . . . . (n. 16.)
7. N. H. = Naturhistorie des Schweizerlandes . . . . . . (n. 17.)

B. Literatur.

Lutz, Nekrolog denkwürdiger Schweizer aus dem 18. Jahrhundert. Aarau 1812.

Peschel-Ruge, Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. Humboldt und C. Ritter. München 1877.

Studer, Geschichte der physischen Geographie der Schweiz bis 1815. Bern-Zürich 1865.

Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. Zürich 1858 bis 60.

C. Hilfsliteratur.

Amrein, Abriss der Geschichte der schweizerischen Kartographie. Zürich 1882.

van Bebber, Lehrbuch der Meteorologie. Stuttgart 1890.

Berndt, der Föhn. Göttingen 1886.

„ der Alpenföhn in seinem Einfluss auf Natur- und Menschenleben. Ergänzungsheft No. 83 zu „Petermanns Mitteilungen". Gotha 1886.

Forel, Le grain du glacier, Arch. des sciences phys. et nat. de Genève, tome VII.

Günther, Siegm. Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie. Stuttgart 1884–85.

„ Lehrbuch der physikalischen Geographie. Stuttgart 1891.

„ Studien zur Geschichte der mathem. und physik. Geographie. Halle a. d. S. 1877–79.

„ Paläontologie und physische Geographie in ihrer geschichtlichen Wechselwirkung. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 65. Versammlung zu Nürnberg 1893. I. Teil. Leipzig 1893.

Günther, Reinh., Bilder aus der Kulturgeschichte der Schweiz. Zürich und Leipzig 1896.

Guldberg-Mohn, Etudes sur les mouvements de l'atmosphère, I, Christiania 1876, II, ibid. 1880.

Hann, Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.

Haas, Quellenkunde. Leipzig 1895.

Heim, Untersuchung über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschlusse an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. Basel 1878.
„ Handbuch der Gletscherkunde. Stuttgart 1885.
„ Erdbebenbeobachtungen in der Schweiz 1880—81, Gaea, 19. Jahrgang.
Hoefler, der Föhn vom ärztlichen Standpunkte. Balneologische Rundschau, No. 10—14. Nürnberg 1893.
v. Humboldt, Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Stuttgart-Tübingen 1845—58.
Lersch, Hydro-Physik. Berlin 1865.
v. Lindenau, Tables barométriques. Gotha 1809.
Pauly-Wissowa, Realencyklopädie der klassischen Altertumswissenschaften. Stuttgart 1894. Art. Alpes.
Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894.
Peschel, Neue Probleme der vergleichenden Geographie als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche. 4. Aufl. Leipzig 1883.
Peschel-Leipoldt, physische Erdkunde. Leipzig 1884—85.
Pilar, Grundzüge der Abyssodynamik. Agram 1880.
Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde. Tübingen 1852.
Ratzel, die Schneedecke, bes. in deutschen Gebirgen. Stuttgart 1889.
Rebmann, J. R., Gespräch zweier Bergen. 1605.
Schmid, E. E., Meteorologie. Leipzig 1860.
Simler, Descriptio Vallesiae mit einem Anhang De Alpibus. Zürich 1574.
Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1885. 2. Aufl. ebenda 1895.
Woeikow, der Einfluss einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter. Wien 1889.
Woodward, Natural History of the Earth. London 1695 and 1702.
Zöckler, Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft. Gütersloh 1877—79.

I. Die Erforschung der Alpen bis zum Jahre 1697. J. J. Scheuchzer.

Die allseitige Erforschung und Kenntnis der Alpenwelt, die sich nicht bloss auf das äussere Relief des Gebirges, auf die auch dem Laien sichtbaren Erscheinungen, sondern auch auf den inneren Bau, auf den Entstehungs- und nie ruhenden Umgestaltungsprozess erstreckt, ist wesentlich ein Werk unserer Zeit, das mächtig gefördert wurde durch die Ausdehnung und Verbesserung der Verkehrsmittel wie durch den Wohlstand der gebildeten Gesellschaftsklassen. In früheren Jahrhunderten waren es nur einzelne wissbegierige Männer, die sich in die Einsamkeit und die Gefahren des Hochgebirges wagten und hier manche wertvolle Beobachtungen anstellten, oder auch politische Ereignisse, die ein Eindringen in die Alpenwelt zur Notwendigkeit machten, wobei eine Bereicherung der geographischen Kenntnisse nicht ausbleiben konnte.

So besass schon das klassische Altertum eine allerdings in sehr bescheidenen Grenzen gebliebene Kenntnis unseres mächtigsten europäischen Hochgebirges. Sein Name[1]) taucht zuerst auf bei Herodot[2]) in dem Donauzuflusse Alpis. Die Römer suchten auf Grund der auf den Bergen lagernden Schneemassen diese Bezeichnung mit albus in Zusammenhang zu bringen, aber die weite Verbreitung ähnlicher Namen im keltischen Sprachgebiete legt die Vermutung nahe, dass Alpes eine allgemeine keltische Bezeichnung für Hochgebirge sei, eine Ansicht, die im heutigen kymrischen

---

[1]) Pauly-Wissowa, Realencyklopädie der klassischen Altertumswissenschaften, 1. Bd., p. 1599 u. 1600. (Art. Alpes von Partsch.)

[2]) Herodot, IV, 49.

Sprachgebrauche eine nicht unbedeutende Stütze gewinnt. Ausgeschlossen bleibt eine Identifizierung der Rhipaeen der Alten mit den Alpen, weil jene lediglich erfunden waren, um die Entstehung der grossen südrussischen Ströme zu erklären. Sie erhielten daher, weil ihnen eine konkrete Unterlage fehlte, bei den verschiedenen Schriftstellern verschiedene Lage und Richtung, ohne jemals bestimmter hervorzutreten, da sie eben ein Phantasiegebilde waren.

Die Erstreckung[1]) der Alpen vom Colle dell' Altare bis zur Senke von Laibach kannten Ptolemaeus und Strabon, welch letzterem auch der Bogenzug derselben sowie ihre Richtungsänderung am Montblanc nicht entging.[2]) Ihre Vorstellung von der Höhe des Gebirges gründeten die Römer auf die Anstiegslänge und gewannen daraus sowie aus dem Naturcharakter die Überzeugung, dass die Alpen das höchste Gebirge Europas seien.[3]) In dieser Zeit finden wir auch schon die Einteilung der Westalpen in die A. maritimae, A. Cottiae und A. Graiae; östlich schlossen sich an den Grossen St. Bernhard die A. Poeninae[4]) bis zur Wurzel des Rhonethales, weiterhin die A. Raeticae, wo Strabon und Ptolemäus den Rhein auf der Adulagruppe entspringen lassen. Strabon scheint noch den Brennerpass und die von dessen See abfliessenden Gewässer gekannt zu haben, wenn auch grosse Verwirrung hier herrscht. Über die weiter östlich sich erstreckenden Hauptketten erfahren wir beinahe nichts. Die Südtiroler Berge fasste man als A. Tridentinae zusammen; die übrigen östlichen Züge der südlichen Kalkalpen waren ebenfalls schon unter ihrem heutigen Namen bekannt.[5])

---

[1]) Pauly-Wissowa etc., p. 1600.

[2]) ibid. p. 1601.

[3]) ibid. p. 1601.

[4]) Der Name rührt keineswegs von einem Übergang der Punier, sondern von der Kultusstätte des Juppiter Poeninus auf der Passhöhe des Gr. St. Bernhard her.

[5]) Pauly-Wissowa, p. 1602–1604.

Hatte Hannibal schon i. J. 218 v. Chr. die Westalpen in einem kühnen Zuge, welcher der Mont Genèvre-Strasse gefolgt zu sein scheint,[1]) überschritten und dadurch die Aufmerksamkeit der Römer auf dieses Gebirge gelenkt, so vergingen noch zwei Jahrhunderte, bis infolge der Unterwerfung der Alpenvölker eine planmässige Erschliessung der Alpenpässe durch Strassenanlagen erfolgte. Es wurden elf Hauptstrassen unter Benützung der niedrigeren und gangbareren Pässe gebaut.[2]) Sie vermittelten indes lediglich den Verkehr mit den Rom unterworfenen Völkerschaften und ermöglichten die Ausbeutung der verschiedenen Naturgaben des Gebirges, namentlich der Kupfer- und Eisenerze und der ungeheuren Wälder, ohne dass dadurch auch eine namhafte Erweiterung der geographischen Kenntnisse gewonnen wurde. Von der Unwirtlichkeit des Hochgebirges, seinen Steilwänden und Abgründen, der Kälte, den Stürmen, den Schneemassen, den vereisten Bergen sind zwar in den Schriften des Polybius und Livius uns einige Schilderungen erhalten, aber nur vereinzelt zeigt sich eine klarere Anschauung einzelner Naturerscheinungen.[3]) Die reichhaltigste Quelle für die damalige Kenntnis der Alpenländer bildet die Naturgeschichte des Plinius, die freilich nur ein Sammelwerk ist und vollständig der Kritik entbehrt.

Eine fortschreitende Kenntnis der Alpenwelt finden wir nach dem klassischen Altertum erst wieder in der Zeit des Wiederauflebens der klassischen Studien und der Gründung der Universitäten, indem die so entstandene geistige Bewegung auch in der Schweiz gelehrte Männer erweckte, die, wenn auch vielfach nur in dilettantischer Weise, der Erforschung ihres Heimatgebirges ihr Interesse zuwandten. Zu diesen zählen Albertus de Bonstetten, Fel. Malleolus, namentlich aber Vadianus[4]) von St.

[1]) ibid. p. 1606.
[2]) ibid. p. 1606–1609.
[3]) ibid. p. 1610.
[4]) Studer, Geschichte der physischen Geographie der Schweiz, p. 59 ff.

Gallen, der sich vorzugsweise mit dem Bodensee und den anliegenden schweizerischen Gebieten beschäftigte und einen Kommentar zu der Geographie des Pomponius Mela schrieb, der manche neue Thatsachen über das Hochgebirge enthält. In der italienischen Schweiz schrieb Dominico Macaneo[1]) eine später von Cotta neu herausgegebene und mit vielen Zusätzen versehene Geographie des Lago Maggiore.

Aber erst durch die Gründung der Universität Basel i. J. 1460 erhielt das wissenschaftliche Leben der Schweiz eine feste Grundlage und einen glänzenden Mittelpunkt. Wenn auch kein Lehrstuhl für Geographie und Naturkunde der Schweiz errichtet wurde, so fanden gleichwohl bei dem geringen Umfange der damaligen Literatur die Gelehrten Zeit, auch diesen oder verwandten Fächern sich zu widmen. Im Anfange des 16. Jahrhunderts beteiligten sich hier an einer näheren Erforschung und Darstellung einheimischer Landesverhältnisse zunächst Glareanus, Myconius, Theophrastus Paracelsus, Th. Plater und H. Pantaleon. Über ihnen allen steht indes Aegidius Tschudi[2]) von Glarus (1505—1572), Schüler der genannten Hochschule, der zuerst mit entsprechendem Ernst und Fleiss die genauere Darstellung nicht nur der Geschichte, sondern auch der topographischen Verhältnisse seines Vaterlandes unternahm, und zwar nach eigener Kenntnis des Landes und nicht ausschliesslich nach fremden Büchern. Er ist der Verfasser der ältesten Karte der Schweiz und der Beschreibung der „Gallia comata“, d. h. des transalpinischen Galliens, und seine Schriften wie mündlichen und schriftlichen Mitteilungen bildeten die Hauptquelle, aus welcher seine nichtschweizerischen Zeitgenossen Münster, Stumpf u. a. ihre Kenntnisse von der Schweiz geschöpft haben. Vadian, Glarean und besonders Tschudi müssen, wie Studer sagt, als die Väter der schweizerischen Landeskenntnis betrachtet werden.

---

[1]) ibid. p. 65.
[2]) ibid. p. 77 ff.

Einen bedeutenden Fortschritt in derselben kennzeichnet weiterhin die Kosmographie von Seb. Münster[1]), welche im Verhältnis zu den übrigen Ländern die Schweiz und besonders Wallis ausführlich behandelt und namentlich von gut ausgeführten Karten dieser Gebiete begleitet ist, den ältesten, die durch Druck zu unserer Kenntnis gelangt sind. Neben ihm ragen noch Stumpf und Campell durch gute Arbeiten hervor.

War bisher der Naturgeschichte der Schweiz von den Gelehrten nur nebenbei und gelegentlich eine Aufmerksamkeit geschenkt worden, so begrüssen wir mit dem beginnenden 16. Jahrhundert in Konrad Gessner[2]) den ersten Schweizer, dem die Naturgeschichte Hauptzweck des Lebens war, dessen Arbeiten einen gewaltigen und nachhaltigen Einfluss nicht nur auf die Erforschung der Schweiz, sondern auf den Gang naturhistorischer Studien überhaupt ausgeübt haben. Als wichtigste Lebensaufgabe hatte er sich nichts Geringeres als die Bearbeitung einer allgemeinen Naturgeschichte der drei Reiche gesetzt, wozu niemand zu seiner Zeit mehr befähigt war, an deren Vollendung ihn jedoch sein früher Tod hinderte. Seine Verdienste, vor allem auf dem Gebiete der Botanik, haben bereits Cuvier und A. v. Haller gebührend gewürdigt. Unter den Freunden Gessners, die von ihm die vielseitigste Anregung empfingen, sind besonders zu nennen W. Haller, der älteste Meteorologe der Schweiz, Collinus, der Verfasser der ersten Balneographie des Wallis, Aretius und Piperinus,[3]) denen man die früheste Kenntnis des Stockhorn und Niesen verdankt.

Unter den späteren Zeitgenossen Gessners ragt hervor Josias Simler[4]), der durch seine „Descriptio Vallesiae“ mit dem fast ebenso starken Anhang „De Alpibus“ sich um

---

[1]) ibid. p. 83 ff.
[2]) ibid. p. 96 ff.
[3]) ibid. p. 107 ff.
[4]) ibid. p. 112 ff.

Cur. auch eine Abhandlung über Petrefakten mit 34 Tafeln, aber ohne erläuternden Text, erscheinen liess. Eine vollständige Naturgeschichte der drei Reiche, eine Arbeit, die schon Gessner sich als Lebenszweck gesetzt hatte, deren Vollendung aber durch seinen frühen Tod verhindert wurde, lieferte Emanuel Koenig,[1]) dem indess bei allem Fleisse und vielseitigen Kenntnissen selbständiges Forschen und ein wahres Beherrschen des Stoffes fehlt. In dieser Zeit entstanden auch vier wertvolle Arbeiten über ebensoviele Schweizerseen,[2]) nämlich eine Beschreibung des Luzernersees mit Karte von Cysat, eine solche des Zürichersees von Escher, eine von Cotta veranstaltete neue Ausgabe der Beschreibung des Lago Maggiore von Macaneo, endlich eine Karte und Beschreibung des Genfersees von Fatio, in welch letzterer Schrift die beigefügten Höhenmessungen als die ersten trigonometrisch ausgeführten im Jura und in den Alpen die meiste Beachtung verdienen; die Höhe des Montblanc bestimmte er ziemlich genau.

Diese Beschreibungen der vier Seen wie die Arbeit von Simler über die Alpen suchten bereits durch die Verbindung der Topographie mit der Fauna, Flora und Aufzählung der Mineralien der beschriebenen Gegend eine vollständige Darstellung aller natürlichen Verhältnisse zu geben. Die Aufgabe lag nahe, diesen Versuch auf die ganze Schweiz auszudehnen. Er wurde zuerst in reinerer, naturwissenschaftlicher Auffassung gemacht von dem Züricher Stadtarzte J. J. Wagner[3]) in seiner kleinen, aber gehaltreichen Schrift „Historia naturalis Helvetiae curiosa", welche den Arbeiten Scheuchzers zum Vorbild gedient zu haben scheint, obgleich sie allerdings hinter diesen weit zurückblieb. Sie gibt ein vollständiges Schema einer physischen Geographie, aber um die einzelnen Kapitel auszufüllen, fehlte der Stoff. Diesen zu suchen und zu sammeln, blieb Scheuchzer vor-

[1]) ibid. p. 171 – 172.
[2]) ibid. p 173 ff.
[3]) ibid. p. 178 ff., R. Wolf, III, S. 93 ff.

behalten, mit dem eine ernstere physische Erforschung der Schweiz beginnt.

Johann Jacob Scheuchzer, [1]) geboren am 2. August 1672 in Zürich als der Sohn des gleichnamigen Stadtarztes, erhielt seinen ersten wissenschaftlichen Unterricht am dortigen Gymnasium, das indes mit seinem vorwiegend antik-linguistischen Charakter den durch Anlage und väterliche Anregung schon früh zu den Naturwissenschaften und zur Medizin hinneigenden Knaben wenig zu fesseln vermochte, wenn man von dem Unterrichte in der Mathematik von Joh. Herrliberger und demjenigen in der Physik von Sal. Hottinger absieht.

Nach Vollendung seiner Gymnasialstudien bezog er, schon in Zürich durch die bereits erwähnten Stadtärzte J. J. Wagner und Joh. v. Muralt [2]) in die Anfangsgründe des medizinischen Studiums eingeführt, am 9. April 1692 die damals in grossem Ansehen stehende Universität Altdorf, um sich medizinischen und naturwissenschaftlichen Studien zu widmen unter der Leitung der Ärzte Hofmann und Bruno sowie namentlich des hervorragenden und auf Scheuchzer mächtig einwirkenden Mathematikers Joh. Christoph Sturm. Er hatte das Glück, in dem Hause des gewandten Orientalisten Wagenseil Aufnahme zu finden, der einen grossen Einfluss auf den jungen, talentvollen Mann gewann und mit ihm bis zu seinem Tode einen regen brieflichen Verkehr unterhielt.

Zur Vertiefung seiner medizinischen Studien reiste er im Sommer 1693 nach Utrecht, wo er als Lehrer von Ruf namentlich Wellan, Munick, Leusden u. a. hörte. Hier erwarb er sich am 26. Januar 1694 den Doktorgrad in der Medizin [3]) und kehrte hierauf über Hamburg und durch die Markgrafschaft Brandenburg, Nieder- und Obersachsen,

---

[1]) Studer, Gesch. etc., p. 183 ff., R. Wolf, II, S. 181 ff.

[2]) vergl. p. 7–8.

[3]) Disp. med. inaug. De surdo audiente, Trajecti ad. Rhen. 32 S.

Böhmen, Bayern und Franken nach Zürich zurück. Diese Reise gab ihm Gelegenheit, nicht bloss mit verschiedenen Gelehrten Verbindungen anzuknüpfen, sondern vor allem eine Reihe von Naturalien-Kabinetten zu besichtigen und an ihnen seine Kenntnisse zu erweitern. Im Jahre 1695 führte ihn sein Wissensdrang zum zweitenmale nach Altdorf; er wollte sich in der reinen und angewandten Mathematik noch weiter ausbilden und schloss sich deshalb enge an Sturm an, der den strebsamen jungen Mann schon bei seinem ersten Aufenthalte lieb gewonnen hatte und auch später noch mehrmals Briefe mit ihm wechselte; zu dem gleichen Zwecke trat er in Verbindung mit dem nicht minder als Maler wie als Astronom hervorragenden Georg Christian Eimmart in Nürnberg, in dessen Hause er stets gerne gesehen war. Lebhaftes Interesse erweckte hier in ihm namentlich die hochbegabte, gleichalterige Klara Eimmart, die an den gelehrten Arbeiten ihres Vaters thätigen Anteil nahm und, wäre ihr ein längeres Leben vergönnt gewesen, wohl eine der ersten Stellen unter den gelehrten Frauen erlangt haben würde.[1]

Nach der Rückkehr in seine Vaterstadt im Jahre 1696 wurde Scheuchzer, da inzwischen Wagner gestorben war, zum zweiten Stadtarzte (Poliater) ernannt und ihm zugleich die Anwartschaft auf die noch immer von Herrliberger bekleidete Professur der Mathematik zugesichert. Im folgenden Jahre vermählte er sich mit der Tochter des Ratsherrn Kaspar Vogel, Susanna, und nahm nun Studierende in sein Haus auf, die die öffentlichen Schulen besuchten, oder denen er Privatunterricht erteilte; diese bildeten auch meist seine Begleiter auf seinen Alpenreisen. Im Jahre 1710 erhielt Scheuchzer, nach dem Rücktritt Herrlibergers, die ihm bereits zugesicherte Lehrstelle der Mathematik und erst 1733, nach dem Tode v. Muralts, die höhere Lehrstelle der Physik und des erten Stadtarztes (Archiater); leider starb er schon nach wenigen Monaten.

[1]) vgl. über sie S. Günthers Abhdlg. in Jahrg. 1895 d. „Germania“

Mit Scheuchzers Hingang schloss ein Leben voll unermüdlicher Arbeit und rastloser Thätigkeit, aber auch des reichsten Segens für die Wissenschaft. Er hatte sich zur Lebensaufgabe gesetzt, sein Heimatland, die Schweiz, in naturwissenschaftlicher und geographischer Hinsicht nach allen Richtungen hin zu durchforschen und die Resultate dieser fortgesetzten Thätigkeit in einem umfangreichen, auf 5 Bände berechneten Nationalwerke, in einer „Naturhistorie des Schweizerlandes“, niederzulegen, wozu bereits J. J. Wagner den Rahmen bereitet hatte, ohne ihn auszufüllen,[1]) und er hat diese Aufgabe, dank seiner ausserordentlichen Begabung und seiner bewunderungswürdigen Hingabe an jene, in wahrhaft glänzender Weise gelöst, so dass beinahe jeder Zweig dieser Naturgeschichte ihm wichtige Beiträge oder seine erste Begründung verdankt; und seit seiner Zeit hat sich in Zürich, und mehr oder weniger in der ganzen Schweiz, das Bestreben fortgepflanzt, der Wissenschaft einen vaterländischen Charakter zu geben und sie vorzugsweise im Interesse der Landeskenntnis zu pflegen. Sehr zutreffend sagt J. G. Sulzer[2]) von ihm: „Der Verfasser (Scheuchzer) war in den besten Umständen, etwas rechtes auf seinen Berg-Reisen zu entdecken. Er war unermüdet, er arbeitete unglaublich viel, er war in seinem Vorhaben, die Merkwürdigkeiten seines Vaterlands bekannt zu machen, so standhaft, dass keine Arbeit, keine Gefahr, keine Unkosten, mit einem Wort, keine Schwierigkeit, so gross sie auch war, dasselbe hintertreiben konnten. Neben dieser guten Gemütsverfassung hatte der berühmte Mann ein weitläufiges Erkenntnis in allen Teilen der Natur-Wissenschaft und der Natur-Historie. . . . . . Ausserdem war Scheuchzer mit den berühmtesten Naturforschern seiner

---

[1]) vgl. p. 8.

[2]) J. J. Scheuchzers Naturgeschichte des Schweizerlandes, Vorrede p. 9.

Zeit bekannt." Und Lutz[1]) sagt von ihm: „Er war für seine Zeit ein grosser Physiker und Naturhistoriker, der mit Recht den Ruhm des ersten Schriftstellers über die Naturgeschichte der Schweiz lange behauptete."

An literarischen Produktionen bewies Scheuchzer eine solche Fruchtbarkeit, dass sein Biograph im Neujahrstücke der Chorherrengesellschaft auf 1796 mit Recht bemerkt: „Der Werke Scheuchzers sind so viele, dass man in Erstaunen kommt, wie es möglich ist, dass in einer so kurzen Laufbahn so viel Zeit zu gewinnen ist, so manch nützliches, so manch schönes, kernhaftes herauszugeben."[2])

Sein unbegrenzter Eifer für die Förderung der Naturwissenschaften und seine ungeahnten Erfolge auf diesem Gebiete zogen bald die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf ihn, namentlich traten gelehrte Gesellschaften mit ihm in rege Verbindung, in deren Denkschriften er manche seiner Abhandlungen niederlegte. So wurde er Mitglied der Academia Naturae Curiosorum, der Royal Society, der Berliner Akademie u. a. Namentlich waren es Woodward, Sloane, Mariotte, Maraldi u. a., die mit ihm eine eifrige Korrespondenz unterhielten, und die ihm zur Beantwortung von Fragen über Meteorologie, Hydrographie, Petrefaktenkunde und andere Zweige der physischen Erdkunde die vielseitigste Anregung gaben.[3])

[1]) Nekrolog denkwürdiger Schweizer, p. 467--468.

[2]) Gleichwohl ist die Anzahl der gedruckten Schriften gegenüber den ungedruckten nicht einmal sehr bedeutend; denn nach der Untersuchung seines Biographen Siegfried besitzt allein die Stadtbibliothek in Zürich 130 Bände (nach Vögelins Geschichte der Stadtbibliothek p. 78 sogar 250 Bde.), meistens in Folio, von Scheuchzers Hand, und die naturf. Gesellschaft ausser einigen Paketen auch noch über 90 Bände, — der in Basel, Bern und an verschiedenen Orten zerstreut liegenden nicht einmal zu gedenken. (Wolf, Biogr. etc.)

[3]) Die gewaltige Ausdehnung seiner Korrespondenzen lässt sich ermessen aus dem Umstande, dass die an ihn und seinen Bruder gerichteten, in der Züricher Stadtbibliothek aufbewahrten Briefe über 50 Quartbände füllen. (ibidem.)

Seine Thätigkeit als Naturforscher und Geograph der Schweiz eröffnete Scheuchzer im Jahre 1697 mit einem in lateinischer und deutscher Sprache abgefassten „Einladungs-Brief“, in welchem er an Leute jeden Standes[1]) die dringende Bitte richtet, zur Fortsetzung der bereits von Wagner begonnenen „natürlichen Beschreibung des Schweizerlands“ nach Möglichkeit mitzuwirken durch Beantwortung der dem Briefe beigefügten 189 Fragen, die vorzugsweise die Naturgeschichte und Geographie der Schweiz zum Gegenstande haben, aber auch periodische Erscheinungen allgemeinerer Natur berücksichtigen. So fragt er nach der Temperatur der Luft an verschiedenen Orten und Höhenlagen, nach den „windigen und feurigen sowie wässerigen Lufterscheinungen“, nach den Erdbeben, nach den Lawinen und Gletschern, den Quellen, den Windhöhlen, nach Fossilien, Tieren, Pflanzen, Mineralien etc. Dieser von Scheuchzer zum erstenmal betretene Weg, Nachrichten der verschiedensten Art auf dem Gebiete der Naturkunde zu erhalten, wurde später, in Nachahmung Scheuchzers, noch mehrmals eingeschlagen, jedoch wesentlich mit dem gleichen Erfolge, den Scheuchzer zu verzeichnen hatte: Die zu grosse Anzahl der aufgestellten Fragen und der gewaltige Umfang des damit in Verbindung stehenden Stoffes wirkte eher abschreckend als anregend, und so kam es, dass Scheuchzer nur wenige Antworten erhielt.

[1]) „Ich will hiemit unter gebührendem Respect und Ehrerbietigkeit gegen Oberen und Stands-Persohnen und mit erforderlicher Freundlichkeit gegen gemeineren Privat-Persohnen angehalten und gebetten haben, alle Hoch-Edle, ansehenliche, dem Vatterland wol gewogene und erspriessliche Herren, alle in allen Ständen gelehrte Männer, alle von Edlem Geblüth entsprossene spezial-Liebhaber der Jagden, ja auch alle, auch gemeinste Leuth, so mit der Natur viel umgehen, und durch sie ihre Nahrung suchen, als da sind Fischer, Hirten, Sennen, Einwohner der Alpen, Baursleuth, Kräuter- und Wurtzengraberen, dass alle zu ihrem, und des Vatterlands Lob allerhand Gattungen natürlicher Begebenheiten, oder Observationen von allen Orten her zusamen suchen, aufs wenigste dasjenige, was ihnen ohngefehr aufstosset, oder umsonst zukommt, auch umsonst mitheilen, wenn es ihnen so lieb, als mir angenehm ist.“ (Einladungsbrief, p. 2.)

Die glückliche Idee Scheuchzers, die nur in der Art der Verwirklichung einen Mangel trug, sollte indes in neuester Zeit ihre herrlichen Früchte tragen, und zwar speziell auf dem Gebiete der Erdbeben- und Gewitterforschung. Auf sie kam Pilar[1]) wieder zurück, der zur Erlangung einer vollständigen Statistik der Erdbebenerscheinungen durchdachte Vorschläge zur Aufstellung von Fragebogen gemacht hat, und in der That verdankt man das wenige, was man zur Zeit über den mechanischen Charakter eines bestimmten Erdbebens aussagen kann, eben statistischen Aufnahmen in Verbindung mit einer rationellen Bearbeitung des von diesen gebotenen Stoffes.[2]) Dasselbe Verfahren erwies sich als höchst nutzbringend für die Gewitterforschung; zur Erzielung einer genauen Gewitterstatistik versendet nämlich das bayerische meteorologische Centralobservatorium auf Anregung v. Bezolds und C. Langs an alle Stationen erster und zweiter Ordnung Postkarten mit aufgedrucktem Formular, in welches die wichtigsten Vorgänge bei einem Gewitter nach ihrem genauen zeitlichen Verlaufe eingetragen werden. Württemberg unter Schoder schloss sich dieser Einrichtung an, während Frankreich und Skandinavien sich schon längere Zeit im Besitze einer geordneten Gewitterstatistik befinden. Die Feststellung einer Anzahl von Grundwahrheiten ist das erfreuliche Resultat dieser Erhebungen.[3])

Durch den erwähnten Misserfolg liess sich aber Scheuchzer keineswegs entmutigen und abhalten, das einmal erwählte Ziel seines Lebens unermüdlich und unaufhaltsam zu verfolgen; er griff selbst zum Wanderstabe, um — als der erste wissenschaftliche Alpenreisende[4]) — mit eigenen Augen die Wunder des Hochgebirges zu schauen, mit eigenen Ohren an Ort und Stelle die Berichte und Er-

[1]) Grundzüge der Abyssodynamik, Agram 1880. p. 151 ff.

[2]) S. Günther, Lehrbuch der Geophysik, Bd. I, p. 370.

[3]) ibid. Bd. II, p. 170—71.

[4]) Scheuchzer bereiste zuerst die Schweiz mit mathematischen und physikalischen Instrumenten. Vergl. auch Reinh. Günther, Bilder aus der Kulturgeschichte der Schweiz.

zählungen namentlich der Gebirgsbewohner über mannigfache Naturerscheinungen und geographische Merkwürdigkeiten zu vernehmen und so auf Grund eigener Wahrnehmungen seine Naturgeschichte der Schweiz gestalten zu können. Diese Alpenreisen, die beinahe jährlich fortgesetzt wurden, hielten sich begreiflicherweise stets an gut gebahnte Strassen, ohne in die weniger bekannten Thäler und das einsamere Hochgebirge vorzudringen. Man beobachtete das Barometer zur Höhenbestimmung, sammelte Nachrichten über Naturerscheinungen, Winde, Erdbeben, Quellen, über die Jagd, die Käseproduktion oder andere Industriezweige, Angaben über Topographie zur Verbesserung der Karten, vorzugsweise aber Pflanzen, Mineralien und Petrefakten.[1]) Diese Reisen trugen Scheuchzers Namen weit umher, da eine Wissbegierde auf solchem Gebiete, deren Befriedigung nur mit Anstrengung, Unbequemlichkeit und Gefahr erkämpft werden konnte, damals zu den Seltenheiten gehörte, und die vielen neuen Beobachtungen mit Recht grosses Aufsehen erregten.[2])

Wenn in vorliegender Arbeit eine Reihe interessanter und wichtiger Beobachtungen auf dem Gebiete der physischen Geographie an unserem Auge vorüberzieht, so sind diese in erster Linie den erwähnten Reisen zu verdanken, die eben die Grundlage bildeten für die bedeutendsten Werke Scheuchzers, unter denen hier nur seine Itinera alpina sowie seine Naturhistorie und die Naturgeschichten des Schweizerlandes genannt seien, und die den Ruhm Scheuchzers, der Begründer der physischen Geographie des Hochgebirges zu sein, für immer unbestritten lassen werden.

---

[1]) Studer, a. a. O.
[2]) Wolf, a. a. O.

II. Palaeontologie.

Ein hohes Verdienst erwarb sich Scheuchzer um die Paläontologie; nimmt doch Zöckler[1]) keinen Anstand, ihn den „Vater der Versteinerungskunde" oder den Woodward des Festlandes zu nennen, der an dem entscheidenden Siege des Woodward'schen Diluvialismus zweifellos den grössten Anteil gehabt hat. Er war wenigstens unter den Schweizern der erste, der die Aufmerksamkeit seiner Zeitgenossen auf diese merkwürdigen Überreste früherer organischer Schöpfungen durch Beschreibung und Abbildung derselben in wirksamer Weise hinlenkte, und er kann den Ruhm beanspruchen, mindestens einer der Gründer der in neuerer Zeit namentlich für die Geologie oder die Bestimmung der Formationsfolge so wichtig gewordenen Paläontologie zu sein.[2]) Gerade im 17. Jahrhundert entbrannte in ungemein heftiger Weise der Streit über die Entstehung der Petrefakten. Während ein Teil der Gelehrten, darunter Kircher, Ploth, Lhwyd und M. Lister, die bereits von dem arabischen Arzte Avicenna aufgestellte Behauptung, dass die im Schosse der Erde geborgenen Muscheln durch eine „vis plastica" erzeugt würden, verteidigte oder sich zu der wunderlichen Keimchentheorie bekannte, wonach die Petrefakten bereits im Boden ruhenden oder durch irgend eine bewegende Ursache dahin geführten „Keimen" ihren Ursprung verdankten, traten andere, namentlich Colonna, Vallisnieri, Woodward, Hooke, Leibniz, Baier,

[1]) Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft, 2. Bd., p. 171.

[2]) vgl. Wolf, Biographien, a. a. O.

für die Lehre des Lionardo da Vinci, Fracastoro und Palissy ein, nach welcher die fossilen Körper einst lebenden Pflanzen und Tieren angehört hätten, wobei man nur darüber uneinig war, ob die fossilen Meeresüberreste von der Sintflut oder von einem lange anhaltenden Stande des Meeres über den Kontinenten herrührten. Erst Lamarck und Cuvier brachen den heute geltenden Anschauungen Bahn.[1])

Auch Scheuchzer war anfangs gleich so vielen Zeitgenossen der Ansicht, dass die Petrefakten sich aus chemisch-physikalischen Gesetzen erklären liessen, demgemäss nur als gelegentliche Produkte der Natur oder Naturspiele, „lusus naturae", zu betrachten seien, eine Ansicht, die er auch in einem Briefe[2]) an seinen Lehrer Sturm in Altdorf unverhohlen äusserte.[3]) Allein Scheuchzer war nicht der Mann, der in hartnäckigem Festhalten an einer vorgefassten Meinung sich einer besseren Erkenntnis verschlossen hätte; eigenes Nachdenken über die merkwürdigen, organischen Gebilden so ähnlichen Funde und nicht an letzter Stelle das Studium der für seine wissenschaftliche Thätigkeit von so weittragendem Einfluss gewordenen Schriften Woodwards, namentlich seiner „History of the Earth"[4]), bewirkten allmählich eine

---

[1]) Günther, Paläontologie und physische Geographie in ihrer geschichtlichen Wechselwirkung, Verh. d. Naturf. Vers, 1893. — Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde, Einleitung. — Studer, Geschichte etc., p. 140 u. 141.

[2]) De generatione Conchitarum, 1695.

[3]) Diese Anschauung musste Scheuchzer auch noch später bezüglich der Ammoniten festhalten, deren Einreihung in das zoologische System ihm, dem Binnenländer, der unter den ihm bekannten animalischen und vegetabilischen Gebilden kein Analogon fand, vollständig unmöglich war, wie auch Sturm sogar daran dachte, die Entstehung der Ammonitengehäuse aus nassem Schlamme an der Hand der cartesianischen Wirbel zu demonstrieren. Selbst Baier, der berühmte Verfasser der „Oryctographia Norica", musste vor den Belemniten die Segel streichen; sie waren und blieben ihm ein Naturspiel und ein Rätsel. (Günther, Paläontologie etc.)

[4]) J. Woodward: An Essay toward a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies etc. London 1695 u. 1702. — Übers. von Scheuchzer unter dem Titel: Specimen Geographiae Physicae, Zürich 1704.

völlige Umgestaltung seiner Ansichten über den Ursprung der Versteinerungen. Während er in seinem ersten bedeutenderen paläontologischen Werke, dem „Specimen Lithographiae Helveticae", sich mit einer blossen Beschreibung der versteinerten Gegenstände begnügt, ohne sich über den kausalen Charakter derselben irgendwie zu äussern, und jene durch gute Abbildungen unterstützt und sichert, tritt er bereits in der Einleitung zu der deutschen Ausgabe seines berühmten Werkes über die Fische[1]) mit seinen neu gewonnenen Ansichten über die Entstehung der Petrefakten ungescheut hervor, wobei er sich folgendermassen äussert: „Es wird die gelehrte und ungelehrte Welt von allerhand Meinungen über die versteinerte Muschelen, Schnecken, Fische, Krebs, Pflantzen, welche hier und da aus der Erde hervorgegraben, und in curiosen Cabinetten aufbehalten werden, so sehr umhergetrieben, dass sie bald nicht weiss, was sie glauben sol. Bald komt einer daher, welcher vor den Zeugvater dergleichen figurirten Steinen haltet die wundersam spilende Natur, dorther ein anderer mit einem schwarm Idearum, oder kleinsten in der Luft schwebenden Fischlein, Schnecklein, welche zwar unter unser Gesicht nicht kommen, in denen Eingeweiden der Erde aber . . . . . geheimnisvoll aussgebrutet werden, und bis auf einen gewissen Grad der Grösse zunemmen. Ich war ehemals auch der Meinung, dass dergleichen Figuren anzusehen seyn, als Spiele der Natur, und hervorgebracht werden können nach denen von Gott geordneten Natur-Gesätzen, in dem Lett, ...; nach deme aber eine grosse Menge dergleichen gebildeten Steinen von allerhand Orten her gesamlet, und mehrere observationes gemachet, sein mir die Augen in Erforschung der Wahrheit in so weit aufgegangen, das nun ganz klärlich sihe den Ursprung dergleichen versteinerten Sachen von der Sündfluth. Zu einem Muster und Beweissthum

[1]) Piscium querelae et vindiciae, Tig. 1708. — Bildnissen verschiedener Fischen, und dero Teilen, welche in der Sintflut zu Grunde geganger Zürich 1708.

diser Meinung habe in dem Monat Augusto dises Jahrs herauss gegeben ein Büchlein, dessen Titul Piscium Querelae et Vindiciae, welches so viel ist als eine Schutzrede vor die Fische, welche hier und da in Steinbrüchen und Bergwerken verstreuet anzutreffen, und klärlich zeigen, dass sie nicht Bastarten seyen, sondern ursprünglich herkommen von dem Animalischen, und besonderen Fischreich."

In der angezogenen Schrift, in der er eigentümlicher Weise die Fische selbst redend einführt und sie in ziemlich scharfem Tone die Verteidigung führen lässt gegen jene, welche ihre antediluvianische Existenz in Abrede stellen wollten, beweist er namentlich an einem sehr gut erhaltenen Exemplar eines versteinerten „Hechtes" aus dem Steinbruch von Öhningen[1]) in überzeugender Weise die Richtigkeit seiner neuen Anschauung und die Unhaltbarkeit derjenigen, welche sie nur als Naturspiele betrachtet wissen wollte.

Den gleichen Zweck[2]) verfolgt er bezüglich der versteinerten Pflanzen in seinem paläontologischen Hauptwerke, dem „Herbarium Diluvianum", das namentlich durch gute Abbildungen hervorragend ist. Er weist in demselben auf die beachtenswerte Thatsache hin,[3]) dass die Pflanzen und Fische nur in jenen Schichten gefunden werden, deren Dicke nicht einen Zoll überschreitet,[4]) und zieht zum Belege

---

[1]) Die plattigen Mergelkalke von Öhningen am Unter-Bodensee mit Mergelschiefersteinbrüchen, welche einen ganz ausserordentlichen Reichtum an pflanzlichen und tierischen Formen enthalten, und wo Scheuchzer auch seinen unter dem Namen „Andrias Scheuchzeri" bekannten Riesensalamander fand (vgl. u. S. 24), gehören der oberen Süsswassermolasse im oberen Miocän (Tortonische Stufe) an.

[2]) Herb. Diluv. p. 7: „Ego, in angulo Europae haud incurioso degens, Pisces fossiles haud ita pridem suae restitui Familiae, Plantis nunc reddere conabor sua iura, quibus ab usurpatoribus Mineralibus fuere defraudata."

[3]) Herb. Diluv. p. 9.

[4]) Auch Martin Lister fand bereits, dass verschiedene Schichten verschiedene Muscheln enthalten, aber die gleichen Schichten immer die gleichen. Aber er nannte sie „lapides sui generis". (Quenstedt, a. a. O.)

so korrekt dargestellt sind wie in dem sorgfältigst angelegten Herbarium, das doch die grössten Schwierigkeiten biete, folgert er, dass diese Zeichnungen hervorgebracht seien „ex motu fluidi alicuius inter duo solida inclusi".[1])

Im Gegensatze zu Kircher[2]), der eine Art „spermaticum adhuc residuum" in der Erde annimmt, und zu Lhwyd[3]), der die aus dem Meere aufsteigenden Nebel und Dämpfe mit einem gewissen Samen imprägniert sein lässt, welche beide Scheuchzer auf das heftigste bekämpft und mit beissender Ironie behandelt, stellt er als Endresultat seiner hieraufbezüglichen Untersuchungen folgenden Satz als allgemein giltige Regel auf: „Ubicunque in fissili quodam saxo arbusculae conspiciuntur miniato veluti pictorum opere pictae, quarum ramuli omnes abinvicem sunt distincti, neque ulli alias intersecant, ibi generatio debetur interiecto fluido". Dagegen: „Plantae integrae, earumve Partes, folia cum suis venis, flores, Fructus in Lapidibus expressae, tales quoque extiterunt olim, Vegetabili sic Regno accensendae".[4])

Es ist ein wenig entschuldbarer und nur mit Rücksicht auf den polemischen Charakter der Schrift erklärlicher Missgriff Scheuchzers, dass er diesen Dendrolithen und ähnlichen Bildungen, wie den Eisblumen u. s. w., einen überwiegenden Raum in seinem sonst so trefflichen Werke gewidmet hat, das doch ursprünglich nur für die wissenschaftliche Behandlung wirklicher Pflanzenüberreste bestimmt sein konnte. Mehr Berechtigung hat ohne Zweifel der Anhang über den Torf (ligna subterranea, fossilia)[5]), den er wie die Steinkohlen (carbo fossilis, lithanthracus) nach dem Vorgange von Woodward[6]), seines Führers durch diesen ganzen Abschnitt, als eine sintflutliche Bildung erklärt. Um die

---

[1]) Herb. Diluv. p. 27.
[2]) Mund. Subterr. L. VIII. p. 40.
[3]) Lithoph. Brittan. Ichnogr. p. 134.
[4]) Herb. Diluv. p. 31.
[5]) ibid. p. 52. vgl. N. H. III. p. 239 u. 240. Jtin. alp. p. 469. 526 bis 27. 605.
[6]) Wolf, a. a. O.

Einführung desselben als Brennmaterial zunächst in seinem Heimatskantone Zürich hat er sich bei dem hohen Holzpreise, über den bereits damals geklagt wurde, ein nicht unbedeutendes Verdienst erworben, weshalb Wolf[1]) mit Recht bemerkt, dass sich Scheuchzer hiedurch allein schon eine Bürgerkrone verdiente.

Dem unermüdlichen Forschungs- und Sammeleifer Scheuchzers gelang es, eine überraschend grosse Anzahl von petrefaktischen Bildungen aus dem Pflanzen- und Tierreiche zusammenzubringen, die er in einem eigenen Kabinette aufstellte. Das im Jahre 1716 veröffentlichte „Museum Diluvianum" ist das Verzeichnis dieser Sammlung, die nach Studer[2]) nicht weniger als 528 schweizerische Stücke zählte, darunter 102 „Ammonshörner" „Cornua Ammonis", 47 Schnecken, 148 Muscheln, 64 Echiniten und Encriniten, 27 Fisch- und 56 Pflanzenüberreste. Als Fundorte werden am häufigsten angeführt: die Lägeren, der Randen, Neuenburg und die Gegend von Basel. Die Beschreibung der einzelnen Stücke der Sammlung, namentlich der interessanteren, enthält der III. Teil der „Naturhistorie" (S. 203 ff.), die er mit häufigen, gut ausgeführten Abbildungen begleitet. In der Ordnung der Pflanzen folgt Scheuchzer Tournefort[3]), von dessen Klassen er sechzehn aufführt, während er bei der Beschreibung der Schaltiere (Schnecken und Muscheln) die Einteilung beobachtet, nach welcher Sipmann Rumphs Amboin. Rarit. Cab. beschrieben hat.[4]) Als Fundorte erscheinen hier neben den obigen nun sehr häufig auch St. Gallen, die Grafschaft Baden, der Guppen in Glarus, der Aubrig in Schwyz u. a. Es sei hier gelegentlich bemerkt, dass Scheuchzer schon dadurch, dass er eine Anzahl der reichsten Fundorte petrefaktischer Bildungen bekannt machte, sich um die paläontologische Kenntnis der Schweiz ein hervorragendes Verdienst erworben hat.

[1]) Wolf, a. a. O.
[2]) Studer, Gesch. etc., p. 200.
[3]) N. H. III, p. 203. Herb. Diluv. Appendix.
[4]) N. H. III, p. 247.

Wenig begreiflich, wenigstens für einen Anatomen unserer Zeit, erscheint es, wie Scheuchzer ein in Öhningen in einer Höhe von einigen Hundert Fuss über dem Bodensee in den dortigen Mergelschiefersteinbrüchen aufgefundenes, fast vollständig erhaltenes Salamanderskelett (Salamandra gigantea)[1], das er in seiner letzten paläontologischen, nicht geringes Aufsehen erregenden Schrift, ein Jahr vor seinem Tode unter dem Titel „Homo diluvii testis" veröffentlicht, eingehend beschrieben hat, mit einem Menschengerippe verwechseln konnte. „Es war aber Scheuchzer", wie Studer richtig bemerkt, „ein so enthusiastischer Anhänger der Woodward'schen Ansicht einer Abstammung aller Petrefakten von der Sintflut, dass es ihn unwiderstehlich drängte, einen so augenfälligen Beweis ihrer Richtigkeit, gegen die Behauptungen von Ploth und Lhwyd, der Welt vorzulegen."

---

[1]) Die besten Stücke dieser Gattung, welche später gefunden wurden, finden sich im Brit. Museum zu London, im Teyler'schen zu Harlem, in der Breda'schen Sammlung in Leyden und im Museum zu Zürich. — Unter den heutigen noch lebenden Formen kommt dem Riesensalamander Scheuchzers am nächsten, ja ist der Gattung (genus) nach nicht verschieden Salamandra maxima (Megalobatrachus), von welcher 1829 Siebold ein lebendes Exemplar aus den kleinen Bergseen Japans nach Leiden brachte, wo es in einem Wasserbehälter fortlebt und sich, wie das Öhninger Tier, von Fischen nährt. (Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde.)

III. Höhenmessung.

Ein mit fast unlösbaren Schwierigkeiten verbundenes Problem bildete seit den ältesten Zeiten die Bestimmung der senkrechten Höhe der Gebirge; liess doch selbst ein Aristoteles die höchsten Gipfel des Kaukasus noch vier Stunden im Sonnenlichte glänzen, nachdem für die Ebene die Sonne bereits untergegangen war.[1]) War sein Schüler Dikäarch so glücklich, die ersten der Wirklichkeit sich mehr nähernden Höhenmessungen auszuführen,[2]) so begegnen wir einem gleichen erfreulichen Ergebnisse, ja Versuche erst im 17. Jahrhundert wieder in der ziemlich genauen Bestimmung der Höhe des Monte Baldo am Gardasee durch den Jesuiten Blancanus,[3]) und dann verstrich wieder ein weiteres Jahrhundert, bis man sich endlich zunächst in Frankreich unter Dominique Cassini entschloss, diesem Gegenstande ernstlich etwas näher zu treten.[4]) In der Schweiz war es gleichzeitig Scheuchzer, der, die hohe Bedeutung desselben für die Erforschung der Hochgebirgsverhältnisse wohl erkennend, keine Gelegenheit versäumte, Höhenwerte zu gewinnen, zu sammeln und zu vergleichen.[5])

Er bediente sich zunächst der traditionellen „geometrischen“ Methode, — von uns jetzt als trigonometrische bezeichnet, während die geometrische einen wesentlich verschiedenen Charakter besitzt —, die er auf seinen ersteren Bergreisen eifrig anwendete, indem er stets „einen in Grad

---

¹) Peschel-Ruge, Geschichte der Erdkunde, p. 62.
²) ibid. p. 63.
³) ibid. p. 426, not. 5.
⁴) ibid. p. 687.
⁵) B. N. G. III. p. 156ff I. p. 16—17. N. H. I. p. 15ff. Itin. alp.

und Minuten abgeteilten Messingen halben Zirkel"[1]) mit sich führte. Allein bald wandte er sich von ihr ab, indem ihm sowohl Erfahrung als Vernunft zeigten, dass diese mathematischen Instrumente, abgesehen von ihrer Unbequemlichkeit auf Reisen, in der Anwendung der damaligen Zeit meist nur trügerische Resultate ergaben. Hätten ihn auch nicht die vielfachen Terrainschwierigkeiten, mit denen der Gebrauch dieser Instrumente verbunden war, sowie die unausbleiblichen Fehler an Instrumenten von kleinem Durchmesser, die bei grösseren Höhen stark ins Gewicht fielen, veranlasst, die Bestimmung der Höhen auf trigonometrischem Wege aufzugeben, so musste die Wahrnehmung, dass bei derartigen Berechnungen trotz allen angewandten Fleisses ganz unglaubliche oder gar unmögliche Resultate sich zeigten, notwendig dazu führen, dass er diesem Systeme, das doch nur relative, nicht absolute Werte ergab, endgiltig den Rücken kehrte; er hatte vor allem durch reifliches Nachdenken die Überzeugung gewonnen, dass die von den Spitzen der Berge in das Auge des Beobachters fallenden Lichtstrahlen einer Brechung unterliegen, welche (infolge der Vergrösserung des Höhenwinkels) die Berge viel höher erscheinen lässt, als sie wirklich sind.

Einen erwünschten und ungleich wertvolleren Ersatz fand er in dem erst wenige Jahrzehnte vorher, im Jahre 1643, von Torricelli in Florenz erfundenen Barometer, dessen Fallen bei Abnahme des Luftdruckes mit wachsender Höhe schon 5 Jahre später von Perier, nach Pascals Anleitung, der zu gleicher Zeit in Paris auf Türmen und anderen hohen Gebäuden Beobachtungen anstellte, durch Vergleichung der Quecksilberhöhe am Fusse und auf dem Gipfel des Puy de Dome glänzend erwiesen worden war.[2]) Scheuchzer war der erste, der den umgekehrten und selbstredend schwierigeren Versuch wagte, aus

---

[1]) B. N. G. III. p. 156.

[2]) Günther, Geophys. II, p. 105—106, Peschel, Gesch. etc., p. 688—89.

dem Fallen des Barometers auf die erreichte Höhe zu schliessen, und ihm gebührt somit der Ruhm, das Barometer zuerst auf unsere Alpen getragen zu haben. Wie trefflich er die hohe Bedeutung dieser neuen Messungsart schon bei ihrer ersten rohen Begründung zu würdigen verstand, zeigen folgende Worte: „Und pflege ich, wie auss bisherigen meinen Bergreisen zu ersehen, disen Götzen (Barometer) aufzustellen an allen Ohrten, wo ich hin komme, und bin der versicherten Hoffnung, dass mit der Zeit, durch Mittel dises Instruments, in Erfahrung werde gebracht werden die ganze Unebenheit der ausseren Erde, so in Berg und Thal abgetheilet, oder eine von den höchsten Alpspitzen bis zu denen Meeren sich senkende abhaldige, vilfaltig unterbrochene Fläche, vorstellet.“[1]) Er verglich bei seinen Alpenwanderungen die Quecksilberhöhe auf Gipfeln und Pässen, während gleichzeitig in Zürich der Gang des Barometers beobachtet wurde, und noch unbekannt mit dem Mariotte'schen Gesetze, dass die Luft mit der Zunahme ihres eigenen Druckes sich verdichte, nahm er dabei an, dass ein Sinken des Barometers um 1 Linie einer Erhebung von 80 Fuss entspreche, oder mit andern Worten, er betrachtete die Höhe der Berge als das 11520-fache des Höhenunterschiedes zwischen der oberen und unteren Quecksilbersäule ($h = 11520 \times (A - a)$), ein allerdings etwas ungeheuerliches Resultat, zu dem ihn Beobachtungen, die er vor Antritt der Reise des Jahres 1702 und jener von 1703 in Zürich auf Türmen oder benachbarten Bergen anstellte, geführt hatten.[2])

Korrekter ging Mariotte zu Werke, der mit Zugrundelegung des von ihm ausgesprochenen Gesetzes Tabellen zusammenstellte, nach denen auf Grund einer gegebenen Barometerhöhe die Seehöhe eines Ortes gefunden werden konnte. Sie wurden wie die später von J. Cassini aufgestellten von

[1]) B. N. G. III. p. 161.
[2]) Itin. alp. p. 74. vgl. Peschel, Gesch. etc., p. 690, Günther, Geophys. II, p. 106.

Scheuchzer seinen „Naturgeschichten" einverleibt. Da aber in denselben weder auf die Temperatur der Luft und des Quecksilbers noch auf andere den Barometerstand wesentlich beeinflussende Faktoren Rücksicht genommen war, so liessen beide nur sehr unsichere Resultate erwarten[1]; aber auch sonst war das Verfahren kein durchaus korrektes. Nach den Regeln des ersteren fand man die Berge zu klein, nach denen des letzteren zu gross, wie De Plantade's Messungen des Canigou in den Pyrenäen erwiesen hatten. Die beste Formel in damaliger Zeit, welche, sobald man von den allerdings notwendigen Verfeinerungen und Korrektionen absieht, den Sachverhalt richtig ausdrückt, stammt von Halley (1682)[2], der in Konsequenz des Mariotte'schen Gesetzes den Satz fand, dass, während die Höhen über dem Meere in arithmetischer Progression wachsen, der Luftdruck in geometrischer Progression abnimmt.[3]

Scheuchzer unternahm auf seiner sechsten Bergreise 1707[4] in der Nähe des Pfäfersbades eine Prüfung zunächst der von Mariotte und Cassini vorgeschlagenen Formeln, indem er von einem Baume, der am oberen Ende einer hohen Felswand in ungefähr horizontaler Linie hervorwuchs, ein Seil auf den Boden herabliess und damit eine Höhe von 766 Zür. Fuss feststellte. Eine Berechnung derselben nach dem Barometerstande auf der gleichen Felswand ergab nach Mariotte 753, nach Cassini 999 Zür. Fuss, eine Differenz, die nach der Verschiedenheit der auf das Barometer wirkenden Faktoren stark wechselte, aber stets zeigte, dass die erstere Methode zu geringe, die letztere zu grosse Werte ergab. Nach im Jahre 1705 von Scheuchzer angestellten Messungen[5] wurden am 30. Juni für das Gotthard-Hospiz

---

[1]) Studer, Gesch. etc., p. 192.

[2]) Sie lautet: $9719 \times \log \frac{h}{H}$. Hier ist h der untere, H der obere Barometerstand.

[3]) Günther, Geoph. II, p. 107.

[4]) Itin. alp. p. 435—436.

[5]) B. N. G. III. p. 173—174.

nach M. 5113 Par. Schuhe, nach C. 6948 gefunden, während die wahre Höhe 6443 beträgt, dagegen am 7. August nach M. 4908, nach C. 7062. Am 11. August des gleichen Jahres wurden für die Furka bez. 5556 und 7692 ermittelt (w. H. = 7499) und am 23. Juni 1706 für das Engelberger Joch bez. 5849 und 8181 (w. H. = 6890).

Eine Wiederholung des oben erwähnten Versuches bei Pfäfers durch Scheuchzer in Gemeinschaft mit seinem Bruder Johann i. J. 1709 ergab bei 714 Fuss Höhe einen barometrischen Unterschied von 10 Linien. An der Züricher Domkirche aber erhielten sie bei 241 F. 4 Z. senkrechtem Höhenabstand $3^1/_2$ Linien Unterschied in den Quecksilberabständen.[1]) Scheuchzer soll sich nach Baron Lindenau[2]) in der Folge der Formel bedient haben: $8430 \times \log \frac{h}{H}$ (h ist die untere, H die obere Höhe des Quecksilbers, ausgedrückt in Par. Linien, und das Resultat gibt Höhen in Toisen). Als Urheber derselben ist sein Bruder zu betrachten, der auf Grund der obigen Beobachtungen eine neue Tabelle für Höhenbestimmungen anlegte.[3])

Als höchster Berg nicht bloss der Alpen, sondern ganz Europas galt allgemein der mächtige Gebirgsstock des St. Gotthard, dessen absolute Höhe Scheuchzer zu 5630 F. berechnete.[4]) Massgebend für diese Ansicht war vor allem die Thatsache, dass derselbe mit seinen ausgedehnten Verzweigungen eine Reihe von Flüssen nach allen Himmelsrichtungen entsendet, und Scheuchzer selbst hütete dieses „Vorrecht“ der Schweiz mit einer gewissen Eifersucht.[5]) Wenn Simler[6]) auf das Fichtelgebirge hinweise, das eben-

[1]) The barometrical method of measuring the Height of mountains, Philosophical Transactions, Nr. 405—406, 1728, vol. XXV. p. 537, 577.

[2]) Tables barométriques, Gotha 1809, p. XXIII.

[3]) N. H. III. p. 19.

[4]) Studer, Gesch. etc., p. 193.

[5]) B. N. G. I. p. 18 u. 19. III. p. 52 u. 53. i. gl. S. N. H. p. 154 ff. Itin. alp. p. 215 ff.

[6]) De Alpibus, p. 98.

falls Flüsse nach den vier Weltgegenden entsende, so sei damit nur konstatiert, dass dieses Gebirge höher liege als die von seinen Wassern durchmessenen Gebiete, während dagegen der ungleich höhere Gotthard mit seinen Strömen ganz Deutschland und die Niederlande, Frankreich und Italien beherrsche und die Endpunkte dieser geneigten Flussebenen im Mittelländischen, Deutschen und Schwarzen Meere zu suchen seien. Wer der Schweiz das Vorrecht der höchsten Lage in Europa streitig machen wolle, müsse ein anderes Land aufweisen, von dem die ausgehenden Flüsse sich in alle genannten Meere ergiessen, und vor allem zeigen, dass daselbst das Quecksilber tiefer sinke als in den Schweizergebirgen. Als De Plantade wirklich auf dem Canigou in den Pyrenäen einen tieferen Stand des Barometers beobachtete als Scheuchzer auf dem St. Gotthard und deshalb behauptete, dass die Pyrenäen höher seien als die Alpen, widerlegte ihn Sulzer mit der Bemerkung, dass der Ort der barometrischen Experimente Scheuchzers noch um etliche tausend Fuss tiefer liege als die oberste, kaum erklimmbare Spitze des Berges, „daher es doch vest bleibet, dass der St. Gotthards Berg der höchste in gantz Europa ist".[1]) Übrigens glaubt Scheuchzer auf Grund der Annahme, es möchte von dem Engelberger Joch bis zur Spitze des Titlisberges noch eine senkrechte Distanz von wenigstens 1000 Schuhen sein, dass die Mönche von Engelberg nicht so ganz unrecht hätten, wenn sie den Titlis für den höchsten Berg der ganzen Schweiz hielten, und dass die direkte Erhebung der höchsten Berge in Europa über das Meeresniveau 10000 Schuhe nicht überschreite.[2])

---

[1]) J. G. Sulzer, Naturgeschichte d. Schw.-L., I, p. 42, not. x.
[2]) B. N. G. III, p. 174.

IV. Alter und Struktur der Berge.

Dem gewaltigen Forschungsdrange Scheuchzers konnte unmöglich die auch in damaliger Zeit die Geister viel beschäftigende Frage nach den Ursachen und der Entwicklung des jetzigen Charakters der die mannigfaltigsten Erhebungsunterschiede aufweisenden Erdoberfläche entgehen und zwar um so weniger, als sein Freund Woodward diesem Probleme eine besondere Aufmerksamkeit zuwandte. Dass er der modernen Erhebungs- oder gar Kontraktionstheorie durchaus ferne stand, ergibt sich schon allein aus der Thatsache, dass er gerade jene Hypothese, welche der Wirklichkeit am relativ nächsten rückte, in ziemlich wegwerfender Weise bekämpft,[1]) nämlich die Ansicht der „wenigen",[2]) welche den Ursprung der Berge nicht an eine gewisse Zeit, z. B. an jene der Erschaffung oder Sintflut, knüpften, sondern geltend machten, dass die Berge bald in diesem, bald in jenem Jahrhundert entstanden und zwar durch die Gewalt der Erdbeben oder anderer auf der Erde geschehener „Zerreissungen" aufgeworfen worden seien. Scheuchzer ist eben der Meinung, dass bei derartigen Vorgängen nur Einstürze und Versenkungen, nicht aber Erhebungen zu stande kommen, wie die Katastrophe von Plurs zur Genüge beweise. Er beruft sich indes hier auf eine falsche Voraussetzung; denn Plurs fand weder unmittelbar noch mittelbar seinen Untergang durch ein Erdbeben, sondern durch einen auf erosivem Wege, durch Auswaschungen des Regenwassers, herbeigeführten furchtbaren Bergsturz.[3])

---

[1]) N. H. I. p. 108: „Es ist diess aber eine so lahme Meinung, welche kaum einer Widerlegung würdig ist."

[2]) B. N. G. III. p. 185 u. 186. N. H. I. p. 108 u. 109.

[3]) vgl. Abschn. X. p. 98.

Einer näheren Prüfung würdigt Scheuchzer die kosmogonische Hypothese Burnets,[1]) nach welcher die erste „eyförmige“ Erde aus einem inneren festen Kern bestand, um den sich eine Schichte Wasser legte, die wiederum von einer festen Gesteinsschichte, der äusseren Erdrinde, umgeben war. Durch den von verschiedenen Ursachen, namentlich durch die kreisende Bewegung, allmählich herbeigeführten Einsturz dieser äusseren Erdkruste sei die jetzige unebene, in Berge, Thäler, Meere und Flüsse abgeteilte Erde entstanden. „Sein (Burnets) ganzes Systema oder Grundgebäu“, sagt Scheuchzer hierüber, „hat einen schönen Schein, es komt mir aber vor, als ob es mehr ausgeführt were nach denen Reglen seines Gehirns und Einbildung, als nach der Richtschnur der Natur selbs.“[2]) Die Petrefakten sind ihm der entscheidende Beweis für die Unhaltbarkeit der Ansichten Burnets.

Dagegen schliesst er sich dem Diluvialismus Woodwards mit voller Rückhaltlosigkeit an. An die Spitze seiner positiven Erörterungen über das Alter der Berge stellt er den Satz: „Es haben die Berge, so zu reden, zweyerley Epochas, von welchen die Rechnung ihres Alterthumes anfanget: die einte reichet hinauf zu den Zeiten der Erschaffung; die andere zur erneuerung der Erde in und nach der Sündfluth.“[3]) Als die Zeit der Entstehung der jetzigen Schweizer, sowie auch aller anderen Gebirge bezeichnet er die Sintflut,[4]) wie sich dies genau beweisen lasse durch „der Bergen gestaltsame Abtheilung in gewisse gebrochene Strata oder Lager, und innert diesen Lageren, ja innert den hartesten Felsen eingeschlossen liegende undisputierliche Überbleibselen der Sündfluth.“[5]) In der Sintflut ist die ganze

---

[1]) B. N. G. III. p. 186 ff. N. H. I. p. 108.
[2]) B. N. G. III. p. 188.
[3]) N. H. I. p. 108.
[4]) B. N. G. III. p. 189 ff. N. H. I. p. 109—110.
[5]) N. H. I. p. 109.

Erde „zermalmt"[1]) und in ein „flüssiges Gemüss"[2]) verwandelt worden, worauf sich zunächst die spez. schwersten Teile in der Richtung des Erdmittelpunktes gesenkt haben, wobei sie sich vielfach begegneten, grosse „Felsklumpen" bildeten und schliesslich ein Gewölbe rings um den Mittelpunkt der Erde aufrichteten. Auf diese in ganz unregelmässigen Formen zusammengefügten und aufeinandergelegten Massen schlugen sich die leichteren Mineralien in mehr regelmässigen, zuletzt ganz horizontal-parallelen Schichten nieder, so dass zuletzt eine „runde, ebene, mit Wasser rings bedeckte Kugel herauskam."[3]) Aber durch teilweisen Einsturz des inneren Gewölbes erfolgte an vielen Stellen der Erdoberfläche eine Senkung der Schichten, während an jenen Orten, wo wir heute die Gebirge emporragen sehen, die ursprüngliche Höhe erhalten blieb oder die Gesteinslager emporgepresst wurden. Hiebei verlief sich auch das Wasser in seine jetzigen Behälter.[4])

Diese Hypothese über den Ursprung der Berge findet Scheuchzer vorzugsweise bestätigt durch die verschiedenartige und ungemein wechselvolle Schichtung der Gebirge,[5]) die er zuerst in der Schweiz mit

[1]) B. N. G. III. p. 194.
[2]) N. H. I. p 109
[3]) N. H. I. p. 109.
[4]) In dem erst später, 1716, verfassten I. Teile der „Naturhistorie des Schw.-L" (p. 110) spricht Scheuchzer, der jedenfalls allmählich die Ansichten Woodwards als zu phantastisch und unhaltbar erkannte, nur mehr von einer Brechung und Hebung der „oberen Erdlager, gleich als ob es Eyerschalen weren gewesen", wie er auch von einem Gewölbe um den Erdmittelpunkt und dessen späterem Einsturz nichts mehr erwähnt, überhaupt nur die „Obere Erde, so tieff man bis dahin hat kommen können, in ein flüssiges Gemüss" verwandelt werden lässt.
[5]) B. N. G. III. p. 196: „Wer die Gestalt unserer Bergen, und deren ordentliche Abtheilung in gebrochene Strata nur anschauet, der wird bald begreiffen, ja mit offenen Augen sehen können die erste horizontal Situation der Lageren, und hernach gefolgte Einsink- und Brechung derselben. Jene ist an etlichen Ohrten in Vorschein. Ja man findet solche Lager, welche gleich als über einen festen Ruhepunkt gebrochen, beyderseits gegen zwey Thäler abgesunken seyn." Vgl. Itin. alp. p. 430—31.

dem Auge des Forschers betrachtet hat. Seine Schriften enthalten, wie Studer mit Recht bemerkt, die ersten Spekulationen über die Geologie der Alpen. Sowohl der Verkehr mit Woodward und das Studium seiner Schriften als die Mitteilungen seines durch viele Reisen gebildeten Bruders, vor allem jedoch seine eigenen häufigen Alpenreisen mussten ihn dazu anregen. Er bezieht sich in seinen Erörterungen über die „Gestaltsame der Bergen“[1]) zunächst auf Stenos Schrift „De solido intra solidum naturaliter contento“, der „klärlich gezeiget, das alle in Strata oder Lager eingetheilte Materi habe müssen flüssig, oder in einem flüssigen Wesen beweget worden sein, insbesondere aber, das, wenn irgendwo innert einem steinichten oder vesten Lager sich frömdartige Sachen, Gewächse, oder Thiere finden, solche Sachen nicht im Anfang der Schöpfung dahin haben kommen können, sondern sint der Zeit bei andern Anläsen.“ Auf diesen grundlegenden Ansichten Stenos basiert die Hypothese Woodwards, der die Petrefaktenbildung durchwegs in die Sintflut verlegt, sowie eine Schrift von Scheuchzers Bruder Johann „De structura montium“, die dieser an die „kgl. franz. Gesellschaft“ am 5. Februar 1708 sandte, und die auch unser Scheuchzer in diesem Punkte in mehrfacher Hinsicht benützte.

Die Schichten der äusseren Erdrinde sind nach ihm zweifellos ehemals horizontal gewesen, wovon man sich in den Niederlanden und anderen Flachländern, wo jene nicht aufgehoben worden sind, überzeugen kann. In der Schweiz aber sind sie meist „haldend oder inclinirt“[2]) und zwar auf verschiedene Weise, schliessen demnach mit der Horizontallinie einen gewissen Winkel ein. Im Masoverthal in Graubünden senken sie sich gegen Süden. Im Kanton Uri vom „Stäg“ bis auf den St. Gotthard trifft man viele Lager an, die senkrecht sich erheben oder nur eine geringe Neigung gegen Süden zeigen, während sie jenseits dieses

[1]) N. H. I. p. 110 ff.
[2]) N. H. I. p. 111.

Gebirgsmassives, im Livinerthal, sich gegen Norden neigen — eine recht glückliche Antizipation der berühmten „Fächerstruktur". Nirgends aber gewahrt man einen so mannigfaltigen Bau der Felslager als am Vierwaldstättersee. So erhebt sich in der Richtung von Brunnen gegen Uri links der „Geissstäg" oder „Geissberg", welcher aus „vierzölligen, in die Runde gekrümten, fast gleichlaufenden Lagern besteht",[1]) die eine ungemein regelmässige Anordnung zeigen. Diesem schliesst sich der „Schiberenberg" an, dessen schlangenförmig gekrümmte, schmale Schichten sich gegen Norden neigen, während die stärkeren Lager des unmittelbar folgenden „Buggisgrat" dem Süden zugekehrt sind. Sehr eigentümliche Formen weisen die Lager des kleinen Axenberges an der Ostseite auf. „Nachdem sich diese in der Länge von etlichen Ruthen gegen Mittag gesenkt, krümen sie sich in einem sehr spitzen Winkel und ziehen sich dann wiederum gegen Mittnacht: bald aber krümen sie sich wiederum in einem spitzen Winkel, und senken sich gegen Mittag, und wird diese Krümung immerfort, en Zicsac, zum öfteren wiederholt, bis sie sich endlich in den See hineinstürzen."[2]) Derartige „seltsame" Felslager kann man auch am Wallensee beobachten. „Von der Spitze des Berges, Mattstock genannt, ziehen sich die Lager nid sich, krümen sich hernach, und richten sich gegen Norden, und, was besonders curios, formieren mit ihrer Krümung ein Berg-Thal »auf Ammon«. Diese Lager gehen also in allerhand Krümungen, bald ob sich, bald nid sich, fort bis gegen Wallenstatt, an 4 Stunden lang, in dem Wallenstatter Berg endlich machen sie wiederum einen spitzigen Winkel, und lenken sich alldort wiederum gegen Norden bis an die Spitze des Berges."[3])

Aus dieser wechselvollen Gestaltung der Schichten zieht Scheuchzer den Schluss, dass die gegen das Ende

[1]) N. H. I. p. 112. In der That wohl eines der grossartigsten Beispiele von Schichtenbiegung auf der ganzen Erde.

[2]) ibid.

[3]) N. H. I. p. 113.

der Sintflut „erhobenen" Lager „aus Mangel der unterstützenden Kräften" stellenweise eine grössere oder geringere Einsenkung erfahren haben, manche in tiefe Höhlen gestürzt sind, während andere weniger tief hinabgesunken sind; darin liegt die Ursache „so grosser und seltsamer Verschiedenheit, Ordnung und Unordnung, bieg- und krümung der Lageren."[1] Den gleichen Vorgängen verdankt, wie er meint, der Vierwaldstättersee seine Existenz, der dadurch entstanden ist, dass die Felslager, welche ehemals den Raum zwischen der nördlichen und südlichen Bergkette am genannten See ausgefüllt haben, in eine ausgedehnte, unterirdische Höhle hinabgesunken sind.[2]

Die vielfachen Krümmungen der Schichten, die selbst bei der Schärfe eines spitzen Winkels oft keinen Bruch erlitten haben, gaben Scheuchzer Anlass zu der allerdings naheliegenden, aber unsicheren Mutmassung, dass die Gesteinslager zur Zeit ihrer Hebung und Senkung sich noch in einem Übergangsstadium von dem flüssigen in den festen Zustand befunden hätten, wodurch deren bruchlose Umformung möglich geworden sei.[3] Ja er neigt der Ansicht zu, dass „die weichheit der Lageren sich nicht alsobald nach dem abfluss der Wasseren in eine harte Festigkeit verwandelt," vielmehr eine spezielle Senkung der spezif. schwereren Stoffe in jedem einzelnen Lager sich noch einige Zeit fortgesetzt habe.[4] Beweis hiefür ist ihm eine interessante Wahrnehmung in den Glarner Schieferbergwerken, deren dünne, parallel laufende Lager gewissermassen aus je zwei verschiedenen Schichten bestehen, von welchen die obere weicher und zugleich aus „subtileren und kleineren" Teilen zusammengesetzt ist, während die untere aus „gröberen, dickeren" Teilen besteht, welche sich eben, nachdem die Lager bereits formiert waren, noch weiterhin gesenkt haben[5] — ein unzweideutiger,

[1]) ibid.
[2]) N. H. I. p. 113—114.
[3]) N. H. I. p. 114.
[4]) ibid.
[5]) N. H. I. p. 114–115. vgl. III. p. 110 u. 111.

wenn auch unbewusster Hinweis auf die Glarner Faltenbildung, die in neuester Zeit in dem Züricher Geologen Albert Heim einen ebenso gewandten als berühmten Forscher und Darsteller finden sollte.[1])

Nicht unerwähnt soll an dieser Stelle die eigentümliche, in allen seinen Schriften wiederkehrende Anschauung Scheuchzers bleiben, dass die Berge hohl seien, wozu ihn die vielfach durch Erosion entstandenen, oft die bizarrsten Formen aufweisenden Berghöhlen und Grotten bestimmten, vor allem aber seine Vorliebe, die Berge mit einem künstlichen Gebäude zu vergleichen, welche Parallele er sogar im einzelnen und zwar in nicht uninteressanter Weise durchführt.[2]) Diese gewiss nicht unberechtigte und in der modernen Theorie der Gebirgs-Massendefekte gestützte Auffassung nimmt indes den Charakter der Naivetät an, wenn er gerade diesem „holen durchlöcherten Berggebäue" eine besondere Festigkeit zuschreibt; denn, meint er, wären die Berge massiv, so „were noch mehrere Gefahr, das sie wegen ihrer Schwere sich in tieffere Abgründe, wann je solche sind, einsenken, oder gar wegen ihres Übergewichts die Erden aus ihrem Mittelpunkt treiben könnten."[3]) Wenn er sich zum Belege hiefür auf Clüver[4]) beruft und dessen Erörterungen in weitläufiger Weise uns vorführt, so übersieht er ganz und gar, dass derselbe nicht beweisen will, dass die Berge hohl sind, sondern dass sie aus den spezif. leichtesten Gesteinsarten mit relativ geringer Kohäsionskraft zusammengesetzt sind, die namentlich im Inneren der Berge eine schwammige, den Wasserdämpfen sowie anderen gasförmigen Körpern einen bequemen Durchgang gewährende Masse darstellen.

---

[1]) Heim, Untersuchung über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschlusse an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe, Basel 1878.

[2]) N. H. I. p. 115. 117ff. Itin. alp. p. 175.

[3]) N. H. I. p. 115.

[4]) Detlef Clüver, Geologia, sive philosophemata de genesi atque structura globi terreni, Hamburg 1700. p. 26.

V. Erdbeben.

Die innere Unruhe der Erde, die nach A. v. Humboldt als eine konstante bezeichnet werden muss und an dem einen oder anderen Orte ununterbrochen sich geltend macht,[1]) hat in historischer Zeit stets die Geister beschäftigt und eine Reihe von buntgemischten und in den sonderbarsten Vorstellungen sich bewegenden Erklärungsversuchen hervorgerufen, ohne dass es irgend einem Systeme geglückt wäre, dauernd Boden zu gewinnen und allgemeine Anerkennung zu finden. Wie verweisen hierüber auf die treffliche Übersicht in Günthers Geophysik[2]) und bemerken nur, dass auch jetzt in dieser Frage noch keineswegs das letzte Wort gesprochen ist, dass vielmehr die neuere Erdbebenforschung in einer fortschreitenden und zugleich erfreulichen Entwicklung begriffen ist, seitdem man den bereits von Scheuchzer vorgeschlagenen Weg betreten hat, durch möglichst ausgedehnte und umfassende statistische Aufnahmen ein reiches Material zu sammeln, aus welchem die allgemeinen Grundwahrheiten abgeleitet werden können.[3])

Die im vorhergehenden Abschnitte berührte Ansicht Scheuchzers, dass das Innere der Berge grossenteils eine Summe von Höhlen, Gängen und Klüften darstelle, eine Ansicht, die er in allerdings starker Beschränkung auch auf andere Bodenformen überträgt,[4]) bildet die Grundlage für seine Erdbebentheorie,[5]) nach welcher jene Hohlräume neben

---

[1]) Kosmos, I, p. 218.
[2]) I, p. 393 ff.
[3]) vgl. p. 13.
[4]) Phys. II. p. 268.
[5] B. N. G. I. p. 117. Itin. alp. p. 196. Phys. II. p. 268.

anderen gasförmigen Körpern mit „schwefelichten und salpetrischen Dünsten“[1]) angefüllt sind, durch deren Entzündung die uns unter dem Begriff des Erdbebens bekannten Erscheinungen hervorgerufen werden. Indes kommt, wie er weiter ausführt, eine Erschütterung des Bodens nur dann zu stande, wenn diese durch den Fall eines Steines auf einen andern oder durch blosse Begegnung und Vermischung „widerwärtiger Dünste“[2]) entzündeten Gase nach keiner Richtung hin einen Ausweg finden können und die Gewalt dieser „anpütschenden Ausdünstungen“ so gross ist, dass die aufliegende Erdschichte dieselbe nicht zu paralysieren vermag. Er vergleicht deshalb nicht mit Unrecht nach der Sitte der damaligen Zeit die Erdbeben mit den „Minen“ („cuniculi igniarii“),[3]) gesteht aber selbst, dass „man nicht gebunden ist, immer an einer Ursache zu kleben.“[4]) So findet er in zutreffender Weise die Ursache mancher Erderschütterungen in Einstürzen im Gezimmer der Erdrinde,[5]) so gibt ihm auch in dieser Frage „nicht wenig Licht“ die Aristotelische Hypothese von dem aërodynamischen Ursprunge der Erdbeben.[6])

Die allerdings unbestrittene Thatsache,[7]) für welche sich Scheuchzer auf Aristoteles und Plinius beruft, dass die Erdbeben vorzugsweise in vom Meere bespülten sowie gebirgigen Ländern ihren Tummelplatz haben, führt er bei den Küstenländern auf den Umstand zurück, dass die Meereswellen „durch ihr beständiges Anpütschen die unterirdische Luft beständig bewegen und die zur Entzündung bequeme Materie anblasen“,[8]) während er

---

1) B. N. G. I p. 117.
2) Phys. II. p. 268.
3) Itin. alp. p. 196.
4) Phys. II. p. 270.
5) ibid. B. N. G. II. p. 105. Itin. alp. p. 199.
6) Phys. II. p. 270. vgl. N. H. I. p. 94, wo er mit Bernoulli den Föhnwind als Ursache eines Erdbebens annimmt. Näh. Abschn. VI, S. 47.
7) Phys. II. p. 272. B. N. G. I. p. 117 u. 118. Itin. alp. p. 196.
8) Phys. II. p. 272.

bei den Gebirgsländern den Reichtum an Höhlen geltend macht, deren allseits geschlossene Wände von den im Innern entzündeten explosiven Gasen wie von der gelockerten und deshalb einen grösseren Raum erheischenden Luft erschüttert und zuweilen gespalten werden. Beweis hiefür ist ihm namentlich das erdbebenreiche Sicilien und Calabrien sowie der Apennin und nicht in letzter Linie die Alpengebiete, unter denen das Glarnerland nach dieser Seite in wenig beneidenswerter Weise in den Vordergrund tritt.[1])

Scheuchzer gibt zunächst eine chronologische Übersicht über die Erdbeben dieses davon so häufig betroffenen Gebietes und namentlich des „Grossen Thales",[2]) die er mit dem Jahre 1573 beginnt und bis 1702 hinaufführt. In der Zeit vom August 1701 bis zum Februar 1702 wurden nicht weniger als 27 Erderschütterungen wahrgenommen, eine in der That auffallend grosse Anzahl.[3]) Die hiebei gemachten Wahrnehmungen resumiert er auf folgende drei Haupterscheinungen: „1. Ein putsch oder klapf im Erdboden unter den Füssen (Fragor in ipsa Terra et sub pedibus). 2. Eine erzitterung, erschütterung, und beben der Erden . . . . (Succussio et Tremor). 3. Ein surren, sausen, und brummen in der Luft (Susurrum, Sonitus et Murmura in Aëre)."[4]) Die Erklärung dieser Erscheinungen macht ihm nicht viel Mühe. Die Entzündung der „schwefelicht-salpetrischen Dünste" in den unterirdischen Klüften und Höhlen, mit denen das Linththal und teilweise auch das übrige Glarnerland gewissermassen unterminiert ist, und die damit in Verbindung stehende

---

[1]) B. N. G. I. p. 118 ff. III. p. 29 ff. Itin. alp. p. 191 ff.

[2]) B. N. G. I. p. 122.

[3]) Durch die glänzend organisierte „schweizerische Erdbebenkommission" unter der Leitung des Berner Physikers A. Forster wurde beispielsweise festgestellt, dass innerhalb der Grenzen der kleinen Republik von November 1879 bis Ende Dezember 1880 nicht weniger als 69, im einzigen Jahre 1881 sogar 166 Stösse bemerklich waren, worunter 18 bedeutendere. (Heim, Erdbebenbeobachtungen in der Schweiz 1880—81, Gaea, 19 Jahrgang, p. 248 ff.)

[4]) B. N. G. I. p. 121. Itin. alp. p. 197.

Ausdehnung der Luft verursacht zunächst einen heftigen Stoss gegen die aufliegende Erdschichte (succussorische Bewegung),[1] dem eine Erzitterung des Bodens folgt, die auch zu einer undulatorischen Bewegung[2]) werden kann. Das sturmartige Brausen leitet er her teils von der zitternden Bewegung, welche der in Mitleidenschaft gezogenen, dem erschütterten Boden unmittelbar aufliegenden Luftschicht mitgeteilt wird, teils von dem gewaltsamen Hervorbrechen der in den Höhlen infolge der Entzündung ausgedehnten Luft durch die Poren der Erdrinde.

Dass aber diese Erdbeben ihren Grund nicht in einem Aristotelischen Sturme, sondern in explosiven Gasen hatten, beweisen ihm scheinbar mehrere allerdings merkwürdige Erscheinungen zur Zeit dieser inneren Erdunruhen.[3]) So sind damals (1701—1702) sehr viele Quellen versiegt, was Scheuchzer für diese Zeitperiode der subterranen Wärme zuschreibt, während er das gleiche Ereignis in den Jahren 1666, 1669, 1676 und 1686 sehr richtig als Wirkung der damals herrschenden furchtbaren Sommerhitze betrachtet, wo auch die Gletscher einen bis dahin ungekannten Rückgang zeigten. Ferner nahmen die Schneemassen von den obersten Teilen des Linththales bis gegen Schwanden hinab an Umfang zu statt ab, und in konsequenter Weise schmolz auch der Schnee in den oberen Partien des Thales rascher als in den unteren, was sonst nur dann zu geschehen pflegt, wenn der Südwind (Föhn!) die Oberhand gewinnt. Dieser geringere Stand und raschere Weggang des Schnees an höher gelegenen Stellen muss hier, wie Scheuchzer meint, notwendig der Wirkung eines subterranen Feuers zugeschrieben werden, was noch bekräftigt werde durch die „wunderbare" Thatsache, dass bei dem 25. Erdbeben im Dezember 1701 aus einem offenen Grabe ein „grauer rauch oder dampf"[4]) emporstieg,

---

[1]) Phys. II. p. 271.

[2]) ibid. Diese Bewegung nennt Scheuchzer inclinatio oder arietatio.

[3]) Itin. alp. p. 197—198. B. N. G. I. p. 122. 186. III. p. 31.

[4]) B. N. G. I p. 122.

was um so auffallender gewesen sei, als an dem betreffenden Morgen eine sehr grosse Kälte bei wolkenlosem Himmel herrschte. Scheuchzer träumt sogar von Russ an den Felswänden im Inneren der Berge und von ganzen Aschenhügeln.[1]) Neben den bisher erwähnten vorübergehenden Erscheinungen während der Glarner Erdbebenperiode findet Scheuchzer für seine Theorie eines subterranen Feuers als Ursache der Erschütterungen des Bodens ausserdem Belege in den zahlreichen Mineral- und namentlich Schwefelquellen, die vor allem im „Grossen Thal" in ungewöhnlich grosser Anzahl auftreten, und deren Schwefel- und Salpeterbestandteile nur in einer mit derartigen Mineralien imprägnierten Erde ihren Ursprung haben können. Dazu kommt die aus verschiedenen Anzeichen, namentlich aus vielen bald da, bald dort bemerkbaren Luftlöchern[2]) resultierende Unterhöhlung der Glarner Gebirge, wie Scheuchzer selbst auf der Alp Guppen das „Döneloch",[3]) „in welches ein eingeworffener Stein sehr tief abfallet und lang dönet", und überall in den Glarner Alpen verschiedene Gruben beobachtet hat sowie tiefe Schlünde, die er als das Produkt des Deckgewölbeeinsturzes unterirdischer Höhlen betrachtet.

Indes ist das Glarnerland keineswegs das einzige Gebiet in der Schweiz, das von Erdbeben häufig heimgesucht wird; in der „Historischen Beschreibung aller Erdbidmen, welche in dem Schweizerland von zeit zu zeit gespüret worden",[4]) die er, beginnend mit dem 9. Jahrhundert, bis 1704 hinaufführt, finden Basel, Sax und Eglisau eine oftmalige Erwähnung. Ein am 24. September 1705 in Eglisau aufgetretenes Erdbeben, „mit heftigem praschlen, knallen, und darauf erfolgtem erschütten, als were etwas schweres gefallen, oder mit Gewalt nidergeworffen worden",[5]) gab

---

[1]) Itin. alp. p. 198: „Aperi Montium crustas, et oculis sistam, de quo non dubito, fuligines saxis affixas, imo vero cinerum integros cumulos."

[2]) vgl. Abschn. VI, p. 55 ff.

[3]) B. N. G. I. p. 122. Itin. alp. p. 175. N. H. I. p. 121.

[4]) B. N. G. I. p. 123 ff.

[5]) B. N. G. II. p. 205.

Scheuchzer Veranlassung zu Erörterungen über die Ursache dieser Art von Erdbeben,[1]) da ein solches Einsturzgeräusch schon mehrmals in Eglisau wahrgenommen worden war. Er betrachtet den Boden dieser Gegend als das Deckgewölbe eines grossen subterranen Hohlraumes, der bei Gelegenheit der Gestaltung der Berge nach der Sintflut entstanden sein könne. Dadurch dass sich ein mächtiges Felsstück von den „oberen Teilen disses Natur-Gewölbs" loslöse und in die Tiefe stürze, könnten die umliegenden Erdschichten leicht erschüttert werden. Daraus erkläre sich, warum die Herrschaft Eglisau von Erdbeben so häufig heimgesucht sei, nicht minder aber sei bei der von ihm angenommenen subterranen Beschaffenheit dieser Landschaft zu befürchten, „es möchte dieses natürliche Gewölb der Herrschaft zu seiner Zeit völlig einsinken, und ein grosser Jammer erfolgen." Der vorliegende Fall ist ihm ein Beweis, dass „die wirkende Ursach der Erdbidmen nicht allzeit, und notwendig, sein müsse ein unterirdisch Feuer, sondern sein könne auch ein solcher Fall eines grossen Felsen in ein unterirdisches Gewölb." Man sieht, dass Scheuchzer den strengen Begriff eines Einsturzbebens, das durch den vollständigen und plötzlichen Zusammenbruch eines unterirdischen Hohlraumes ausgelöst wird, noch nicht kennt und ziemlich verschwommene Vorstellungen über diese Art von Erderschütterungen kund gibt, allein sein von Beda Venerabilis und anderen mittelalterlichen Autoren unabhängiger Versuch einer Erklärung derselben verdient immerhin wesentliche Beachtung.

Bezüglich der Stadt Basel und Umgebung, die ebenfalls häufige Erdbeben aufzuweisen hatten, vermutet er,[2]) dass die unter ihr befindlichen, mit Schwefel und ähnlichen Mineralien reichbedachten Höhlen in den starken Erschütterungen des 14. und 15. Jahrhunderts eingestürzt und mit Felsblöcken, Sand und sonstigem Geröll, das dem Feuer keine Nahrung

[1]) ibid.

[2]) B. N. G. I. p. 186.

biete, ausgefüllt worden seien, weil seit 100 Jahren die Erdbeben sowohl an Zahl wie an Heftigkeit eine bedeutende Verminderung erfahren hätten. Dagegen schliesst er aus der geologischen Beschaffenheit von Sax und Baden, dass diese Gegenden gleichsam unterminiert seien und eine explosive Entzündung in den vielen Klüften und Gängen notwendig eine Aufhebung und Erzitterung der Erdrinde nach sich ziehen müsse. Als Ursache all dieser subterranen Hohlräume nimmt er aber nicht Erosion an, sondern dynamische Umsetzungen, die freilich meist eine sehr gezwungene Erklärung finden.[1])

[1]) B. N. G. I. p. 186. vgl. a. ibid. II. p. 205.

VI. Luftströmungen.

Die lichtvollen Spekulationen einzelner Griechen haben schon in frühester Zeit geläuterte Kenntnisse über Wesen und Entstehung der Winde in der wissenschaftlichen Welt verbreitet[1]), nur die Erforschung der aërodynamischen Gesetze ihrer Bewegung und ihrer verschiedenen, meist lokalen Erscheinungsformen blieb einer späteren Zeit vorbehalten. In der Schweiz war es wieder Scheuchzer, der zuerst die für das Hochgebirge charakteristischen Luftströmungen mit dem Auge des kundigen Forschers betrachtete und sorgfältig alle Thatsachen sammelte, auf deren Basis eine allseitige und gründliche Erkenntnis ihrer Entstehung und der Art ihrer Bewegung aufgebaut werden konnte.

Unter diesen lokalen Gebirgswinden tritt mächtig in den Vordergrund der Föhn, der unter diesem Namen speziell in der Schweiz bekannt ist und hier ganz besonders häufig und charakteristisch auftritt. Der ganz ausserordentlich tief greifende und vielseitige Einfluss, den dieser Wind als meteorologischer Faktor ersten Ranges nicht nur auf das Klima, sondern auch auf die gesamte Welt der anorganischen, vegetabilischen und animalischen Gebilde des von ihm betroffenen Gebietes ausübt, die eminent praktische Bedeutung, die er dadurch für das gesamte Natur- und Menschenleben seines Herrschaftsgebietes gewinnt, endlich auch das in wissenschaftlicher Beziehung ausserordentlich hohe theoretische Interesse, das er durch die überaus merkwürdigen, zum Teile

---

[1]) E. E. Schmid, Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1861. p. 464.

ganz abnormen Begleiterscheinungen von jeher erregt hat, haben ihn seit Dezennien zum Gegenstand der eingehendsten und sorgfältigsten wissenschaftlichen Untersuchungen gemacht.[1]) Scheuchzer[2]) gehört zu den ältesten Forschern, welche uns über denselben berichtet haben, besitzt aber über Wesen und Ursprung desselben noch ganz unklare und unrichtige Vorstellungen. Er identifiziert ihn durchwegs mit dem „Südwind", „Ventus Australis", eine übrigens noch vor wenigen Dezennien herrschende Ansicht, während man ihn, freilich eben erst in neuester Zeit, vorzüglich auf Grund der Forschungen Hanns als relativ trockenen, meist aus Süd, seltener aus Südwest wehenden, vom Kamme der Alpen mit grosser Heftigkeit herabstürzenden Fallwind erkannt hat, dessen Auftreten wesentlich bedingt ist durch ungleiche Luftdruckverhältnisse am Nord- und Südfusse der Alpenkette, die selbst wieder hervorgerufen werden durch barometrische Depressionen im Westen oder Nordwesten von Europa.[3]) Ganz abenteuerlich klingt die von Scheuchzer gegebene Erklärung des Föhnwindes, der im Oktober und November des Jahres 1705 in Glarus, Uri, Graubünden sowie im Livinerthale mit ungewöhnlicher Stärke auftrat und durch die rasche Auflösung des Schnees, verbunden mit darauffolgendem Regen, grosse Überschwemmungen zur Folge hatte.[4]) Er ist der Ansicht, dass die über der Schweiz gelagerte, infolge der andauernden Trockenheit und Hitze des vorhergehenden Sommers stark ausgedehnte Luftmasse, während sie an der „dicken und dichten"[5]) Luft des Nordens einen genügenden Widerstand gefunden, nach Italien und sogar bis nach Asien abgeflossen sei, bis sie zuletzt durch

---

[1]) Berndt, Der Föhn, Göttingen 1886. p. 3.

[2]) Helv. aer. I. p. 11—12. N. H. III. p. 3. B. N. G. III. p. 38. Itin. alp. p. 206.

[3]) Hann, Handbuch der Klimatologie, Stuttgart 1897. p. 215 ff.

[4]) B. N. G. I. p. 180 ff. Cataclysmographia Helv. p. 36 ff.

[5]) B. N. G. I. p. 184.

die „elastische Triebkraft“ der „kalten und dicken Nord-Luft“ einerseits und der über dem Kaspischen, Roten, Persischen Meere stehenden „dicken“ Luft andererseits gezwungen wurde, auf dem gleichen Wege wieder nach Italien und in die Schweiz zurückzukehren. Während hiedurch der Wärmecharakter des Föhnwindes sich in einfachster Weise erklärt, wenn natürlich in keiner Weise auf die wahre Ursache zurückgeführt, hat — und hierin liegt ja zweifellos einige Wahrheit — seine ausserordentliche mechanische Gewalt ihren Grund in der beständigen wellenartigen Bewegung der Luft, in der gebirgigen Beschaffenheit des Landes, in den engen, zwischen hohen Bergen eingeschlossenen Thälern u. dgl.

Eine von der vorhergehenden ganz abweichende Erklärung findet dagegen der Föhnwind des Jahres 1712 (9. Februar)[1]), der eine solche Wärmewirkung entfaltete, dass innerhalb zweier Stunden aller Schnee schmolz, so dass der Rhein und andere Flüsse derart anschwollen, „wie bei Manns Gedenken niemals geschehen.“ Auf seine nur wenige Stunden dauernde Herrschaft folgte eine grosse Kälte und starker Schneefall. Diesem Winde wurde mit Rücksicht auf seine Begleiterscheinungen das unmittelbar vorhergehende Erdbeben in Basel von dem bekannten Jakob Bernoulli zur Last gelegt, indem dieser annahm, dass derselbe aus den unterirdischen Höhlen irgendwo hervorgebrochen sei und zwar mit solcher Gewalt, dass die Erde in zitternde Bewegung geriet, was Scheuchzer „gänzlich unterschreibt“, der seinerseits die Beobachtung gemacht hatte, dass an jenem kritischen Tage das Barometer in Zürich so stark fiel, wie niemals im vorausgehenden Jahre.

Während Scheuchzer nur in diesen zwei konkreten Fällen eine Erklärung des Ursprunges des Föhns versucht, wobei er übrigens auf die erstere selbst kein gar grosses Vertrauen zu setzen scheint[2]), schildert er uns wiederholt in übereinstimmender Weise die Eigentümlichkeiten

[1]) N. H. I. p. 94.

[2]) vgl. B. N. G. I. p. 183—184.

und Wirkungen desselben[1]), was einen um so höheren Wert gewinnt, als wir bei ihm zuerst nähere Angaben hierüber finden. Vor allem sind es die Kantone Glarus und Uri, und hier wiederum die Ebene von Altdorf, wo sich die ganze Macht des Föhns entfaltet. Während er einerseits die Häuser ihrer Dächer beraubt oder sie gar in einen Trümmerhaufen verwandelt, während er die grössten Tannenbäume entwurzelt[2]) und die Alpenbewohner derart in Schrecken setzt, dass sie in der Zeit seines Wütens und Tobens kein Feuer anzuzünden wagen, selbst nicht zur Bereitung der Speisen, bringt er andererseits in den von ihm besonders betroffenen Gebieten die Früchte, vor allem die Trauben, in der Herbstzeit mit wunderbarer Schnelligkeit zur Reife, wie das beispielsweise oberhalb des Meilerhorns am Züricher See wahrgenommen werden kann; dagegen werden im Frühjahr die Bäume oft über Nacht grün[3]), können aber auch „in der Blüte erstecket, und gleichsam gesenget werden".[4]) Daher die Thatsache, dass in Altdorf am Vierwaldtstättersee die Früchte gewöhnlich eher reifen als in Zug oder im Kanton Zürich. Scheuchzer erklärt diese verschiedenen Wärmegrade ein und desselben Windes damit, dass in den näher am Gotthard gelegenen Thälern „die von der Höhe nid sich getruckte, folglich wärmere", in den entfernteren dagegen (Luzern, Unterwalden, Schwyz u. a.) sowie in der übrigen Schweiz „eine mehr aussgedehnte, über diss auch mit vilen Schnee- und Eistheilchen beschwängerte Fön"[5]) herrscht. Grossen Schaden kann dieser Wind verursachen durch die rasche und sich auf ungeheure Mengen erstreckende Auflösung des Schnees, wodurch verheerende Überschwemmungen hervorgerufen werden, wie das im Jahre 1706

[1]) s. p. 46, Cit. n. 2.

[2]) vgl. Berndt, der Föhn, p. 137 ff. ebenso p. 33 ff.

[3]) vgl. Berndt, der Alpenföhn in seinem Einfluss auf Natur und Menschenleben, Geogr. Mitteil., Erg.-Heft, Nr. 83. p. 24 ff.

[4]) N. H. III. p. 3.

[5]) B. N. G. III. p. 38. vgl. a. Helv. aer. I. p. 10. N. H. III. p. 8. Itin. alp. p. 206.

namentlich das Veltlin und Bergell erfahren haben sollen, und mit ihnen andere Thäler[1]), — eine ganz richtige Bemerkung Scheuchzers, der gegenüber jedoch auch konstatiert werden muss, dass der Föhn nach dieser Seite hin vielfach auch wohlthätig wirkt, indem er als bekannter „Schneefresser", Hand in Hand gehend mit der rapiden Schmelzung des Schnees, eine ausserordentlich intensive Verdunstung erzeugt, durch welche er teils das gelöste Schmelzwasser sofort in Dampf verwandelt, teils auch eine beträchtliche Masse Schnee direkt aus dem festen in den gasförmigen Zustand überführt.[2]) Sein Auftreten kann auch von schlimmen Folgen für die menschliche Gesundheit begleitet sein; denn „die Masse des Geblüts wird aufgelösst, die Durchdämpfung vermehret, die Spannung der Hautzäseren geminderet, daher offt nachdem die flüchtigeren Theile weggeflogen, die dickeren und zäheren Theil zuruck bleiben und allerhand Fieber verursachen, wie solches ins besonder gewahret wird zu Neufchatel, Rapperschweil, Feldbach unter Rapperschweil und anderen gegen dem Föhn offenen Oertheren."[3]) Diese glückliche Beobachtung Scheuchzers wird bestätigt durch die Untersuchungen Hoeflers, der seine eigenen Erfahrungen und Beobachtungen über den Einfluss des Föhns auf den menschlichen Organismus dahin zusammenfasst, dass zwar die milde, wenig ausgeprägte „föhnige Witterung" nicht eigentlich als die menschliche Gesundheit schädigend zu betrachten sei, vielmehr der Föhn, so lange er nicht unter ca. 35—40% rel. Feuchtigkeit herabgehe, sogar manche hygienisch vorteilhafte Äusserungen hervorrufen könne, weshalb er von Röder mit Recht als ein „klimatischer Heimtücker" bezeichnet werde; überschreite er dagegen diese approximative Grenze oder akkumuliere sich die Föhnwirkung, so machen sich gewisse gesundheitliche Störungen

---

[1]) N. H. III. p. 4. Helv. aer. p. 12.

[2]) Berndt, der Alpenföhn in seinem Einfluss etc., p. 18.

[3]) N. H. III. p. 4.

bemerkbar, die allerdings seltener Irritationszustände (bei Nervösen), hauptsächlich aber Depressionszustände seien.[1])

Neben dem Föhn richtet Scheuchzer sein besonderes Augenmerk auf die eigenartigen Winde verschiedener Thäler[2]), welch letztere, wie er zutreffend bemerkt, jenen nicht bloss eine von ihrer ursprünglichen oft sehr abweichende Richtung geben, so dass aus einem S.W.-Wind ein West- oder Süd-Wind, aus einem N.O.-Wind ein Nord- oder Ostwind entstehen kann, sondern auch ihren klimatischen Charakter, namentlich den Feuchtigkeitsgehalt, wesentlich zu beeinflussen im stande sind. So beobachtet man im Rheinwald (Sylva Rhenana) — einem waldreichen, von Eis- und Schneefeldern der Adulagruppe am oberen Ende umrahmten, vom Hinterrhein durchflossenen Thalkessel — am Südwind, von den Bewohnern dieses Thales der „Welsche See-Wind“[3]) genannt (wohl mit dem Föhn identisch!), die Eigentümlichkeit, dass er auf das ganze Thal befeuchtend wirkt, selbst bei heiterem Himmel, während er umgekehrt in dem unweit davon gelegenen Schamserthal (Vallis Sexamnina) — dem mittleren Teile des Hinterrheinthales — einen trockenen Charakter aufweist. Scheuchzer nimmt an, dass der Südwind von den an der Quelle des Hinterrheins lagernden gewaltigen Gletschern und Schneemassen „ungläubliche“[4]) Mengen von Wasserdämpfen auflöst, die er in den Rheinwald führt und in diesem rings von hohen Bergen umgürteten Thale fallen lässt, so dass er nach seinem Übergange in das Schamserthal, nunmehr des grössten Teiles der mitgeführten Feuchtigkeit beraubt, einen „undünstigen“[5]) Wind darstellt. Degegen trägt der Nordwind in dem ebenfalls von hohen Bergen eingeschlossenen Schamserthal einen feuchten Charakter, wobei die „wässerige Teile . . . . in Krafft ihrer

---

[1]) Hoefler, der Föhn vom ärztlichen Standpunkte, p. 90.
[2]) Helv. aer. I. p. 13—14. N. H. III. p. 4—5. B. N. G. II. p. 127.
[3]) N. H. III. p. 4.
[4]) ibid. p. 4.
[5]) ibid. p. 5.

eigenen Schwere sich senken, und hin und wieder an denen Bergwänden sich in Wasser auflösen"[1]), so dass er den Rheinwald als trockener Wind betritt.

Den gleichen Vorgang findet Scheuchzer im Bergell, wo die „Westwinde" alles befeuchten, während in „Pündten jenseit des Settmers" — wobei wir, wenn wir mit den nachfolgenden Erörterungen nicht in Widerspruch geraten wollen, jedenfalls an das durch den Septimer-Pass mit dem Bergell in Verbindung stehende Oberhalbsteinerthal denken müssen — die gleichen Winde alles trocknen; umgekehrt tragen hier die „Nordwinde" einen feuchten, im Bergell einen trockenen Charakter.

Dasselbe Moment, nämlich der Einfluss auf die Verdunstung, ist für Scheuchzer massgebend bei der Behandlung der zeitweise auftretenden unregelmässigen Luftströmungen im Bergell und Oberengadin.[2]) Er spricht in zutreffender Weise von einem „Kampfplatz", „Champ de bataille", zwischen dem „Westwind" und „Nordwind" am Maloja-Pass, am Berührungspunkte des Bergells und Engadins, und bemerkt, dass, wenn beide sich das Gleichgewicht halten, also der Westwind auf das Bergell, der Nordwind auf das Engadin beschränkt bleibt, jener dort befeuchtend wirkt, dieser hier Trockenheit verursacht; übersteigt dagegen der Westwind den Maloja-Pass, so setzt er im Engadin seine Feuchtigkeit ab, während er das Bergell trocknend durchzieht. Gewinnt aber der Nordwind den Übergang über den Pass, so befeuchtet er das Bergell, während er sich im Engadin ebenfalls wieder als trockenen Wind darstellt. Die Ursache dieser komplizierten Erscheinungen könne man, meint Scheuchzer, aus dem Vorhergehenden „ohnschwer erraten".[3]) Im Gleichgewichtszustande werden die reichlichen Wasserdämpfe des Westwindes bei der Begegnung mit dem (kalten) Nordwinde zu Regen kondensiert und fallen

---

[1]) N. H. III. p. 5.
[2]) Helv. aer. I. p. 19 u. 20. N. H. III. p. 8. Itin. alp. p. 448.
[3]) N. H. III. p. 8.

im Bergell nieder, während dieselbe Luftströmung beim Übergange über den Malojapass die Wasserdämpfe ins Engadin hinüberführt. „Fast derselbe Grund“[1]) scheint Scheuchzer massgebend für die Wirkungen des Nordwindes, wenn er die Oberhand gewinnt. Allein er berücksichtigt einerseits nicht, dass der Nordwind im Engadin nur einen trockenen Charakter besizt, im Gegensatz zum Westwinde, andererseits erklärt er uns nicht, warum hier die Wasserdämpfe von beiden Winden über die Passhöhe geführt werden, während bei den Luftströmungen im Rheinwald und Schamserthal das Gegenteil zu verzeichnen war. Übrigens bietet diese Erscheinung keine Schwierigkeit; weit wichtiger und ungleich schwieriger ist die Erklärung des Ursprunges dieser Winde und der Gesetze ihrer Bewegung, die Scheuchzer einfachhin ihrer Richtung entsprechend als West- und Nordwinde charakterisiert, bestärkt durch die Wahrnehmung, dass die ersteren, die bereits vor 9 oder 10 Uhr vormittags (im Bergell) sich erheben, gewöhnlich Regen mit sich bringen, wodurch eben die „Vorherrschaft des allgemeinen Westwindes angezeigt wird“.[2]) Es tritt uns hier in der während des Tages das Innthal abwärts gerichteten Bewegung der Luft eine scheinbare Anomalie entgegen, die in Billwiller einen gewandten Erklärer gefunden hat. Nach seinen eingehenden Untersuchungen sind diese Luftströmungen zweifellos zu den Tag- und Nachtwinden (auch Berg- und Thalwinde genannt) zu rechnen, deren Theorie sie sogar in schönster Weise bestätigen, und ihre Unregelmässigkeit ist nur die Folge der unzulänglichen Trennung des Bergells und Engadins. Das obere Engadin besitzt keinen hinteren Thalschluss, indem der Maloja-Pass kaum das Niveau der Thalsohle überschreitet; jenseits des Passes beginnt aber schon das tief eingeschnittene, stark erwärmte Mairathal. Die in diesem schon halb italienischen Thale stark erwärmten Luftmassen

---

[1]) Helv. aer. I. p. 20.

[2]) Helv. aer. I. p. 19.

werden über das Niveau der Schwelle des Maloja gehoben und fliessen daher das Innthal abwärts.[1])

Neben dieser nur in der warmen Jahreszeit auftretenden eigenartigen Erscheinung kennt Scheuchzer regelmässige, periodische Winde im Bergell, „venti stati seu periodici"[2]), wobei morgens der „Eurus", von Mittag an der „Zephyr" das Thal durchweht. Dieselbe Erscheinung findet er auf dem Wallensee, „Lacus Rivarius"[3]), wo „tempore inprimis constanti aestivo"[4]) ebenfalls regelmässige Luftströmungen zu beobachten sind. Morgens bei Sonnenaufgang beginnt „gemächlich"[5]) der „Eurus" und weht, unter Voraussetzung klaren Wetters, woher er den Namen „Heuwetterwind"[6]) führt, bis ungefähr 10 Uhr vormittags, von 10 bis 12 Uhr herrscht Windstille, nach 12 Uhr aber setzt der „Zephyr" ein, der bis zum Abend andauert; nach Sonnenuntergang erhebt sich gewöhnlich bei klarem Himmel wieder der Ostwind. Dieses Phänomen erklärt Scheuchzer in folgender Weise. Der Wallensee erstreckt sich in der Richtung von O. nach W. und ist beiderseits ganz offen, „so dass die Sonne des Morgens bald aufstehet, abends spaht nidergehet"[7]); dagegen erheben sich an der Süd- und Nordseite des Sees hohe Berge. Daher kann die von der aufgehenden Sonne gelockerte oder doch wenigstens in etwas ausgedehnte Luftmasse sich nicht in gleicher Weise nach allen Seiten hin ausbreiten, sondern muss sich, zwischen den nördlichen und südlichen Bergrücken eingeschlossen, gegen Westen bewegen. Um 10 Uhr kommt die ost-westliche Luftströmung zur Ruhe, weil um diese Zeit die Sonne zu kulminieren beginnt und deshalb eine gleichmässige Erwärmung

---

[1]) Hann, Handbuch der Klimatologie, p. 204.

[2]) Itin. alp. p. 108. 448. B. N. G. I. p. 28. Helv. aer. I. p. 19.

[3]) Itin. alp. p. 79—80. B. N. G. I. p. 26 ff. Helv. aer. I. p. 18—19. Phys. II. p. 280.

[4]) Helv. aer. I. p. 18.

[5]) B. N. G. I. p. 27.

[6]) Helv. aer. I. p. 18.

[7]) B. N. G. I. p. 27.

der über dem ganzen See lagernden Luftmasse bewirkt. Von 12 Uhr an wird dagegen die am westlichen Ende des Sees, bei Wesen, befindliche Luft mehr ausgedehnt und muss deshalb in gleicher Weise nach Osten abfliessen, so dass genau die umgekehrte Erscheinung der vormittägigen Luftbewegung eintritt. Dass aber nach Sonnenuntergang der Ostwind wieder einsetzt, erklärt sich daraus, dass die nachmittags gegen Wallenstatt getriebene, stark ausgedehnte Luftmasse sich wiederum zusammenzieht und so „durch die kraft ihrer eigenen schwere und elasticitet zuruk fallet“.[1]) Diese Erklärung findet ganz in derselben Weise auch auf die periodischen Windbewegungen des Bergells Anwendung.

Scheuchzer vergleicht diese nur an obigen zwei Orten in solcher Regelmässigkeit wahrgenommenen Tagesmonsune in sehr richtiger Weise mit den Monsunen des Indischen Oceans. Er hat mit grossem Scharfsinn den wirklichen Grund dieser so regelmässigen, aber nur bei klarem Wetter auftretenden Winde in die ungleiche Erwärmung der über diesen Thälern lagernden Luftmasse in den verschiedenen Tageszeiten gesetzt, geht aber von der allgemeinen, falschen Ansicht aus, dass die ausgedehnte Luft stets in horizontaler Richtung abfliesse, während sie doch die Tendenz erhält, nach oben zu steigen, und nur ausnahmsweise, wie im vorliegenden Falle, durch mächtige Beeinflussung seitens der orographischen Verhältnisse eine annähernd horizontale Bewegung der erwärmten Luft eintritt. Wir werden der Wahrheit jedenfalls sehr nahe rücken, wenn wir mit Hann diese Berg- und Thalwinde — denn als solche sind sie zweifellos zu bezeichnen — dahin erklären, dass am Morgen mit steigender Sonne die Luft im Thale und über dem Bergabhang sich immer mehr erwärmt und ausdehnt, wodurch die horizontale Lage der Flächen gleichen Luftdruckes gestört wird und diese eine Neigung

---

[1]) B. N. G. I. p. 28.

gegen das Gebirge hin erhalten, somit ein Gradient von der freien Atmosphäre gegen dasselbe hin entsteht. Ausserdem wird die Luft am Abhange mehr erwärmt als in der freien Atmosphäre im gleichen Niveau, so dass jene als spezifisch leichter in die Höhe strebt und nun durch zuströmende Luft ersetzt werden muss. Durch Zusammenwirken dieser teils horizontal, teils vertikal wirkenden Kräfte entwickelt sich bei Tag ein Steigungswind die Gehänge hinan, und zum Ersatz fliesst Luft aus der Ebene thalaufwärts. Bei Nacht ziehen sich die tagsüber ausgedehnten Luftschichten wieder zusammen, und dem neuen, entgegengesetzten Gradienten folgt ein Fallwind an den Gehängen hinab und thalabwärts zur Ebene hinaus.[1]) Wenn auch Scheuchzer bis zu dieser Erkenntnis der Neuzeit begreiflicherweise noch nicht vorgedrungen ist, so haben wir gleichwohl in seinen trefflichen Erörterungen einen äusserst beachtenswerten Versuch vor uns, die Erscheinung der Berg- und Thalwinde zum erstenmale einer näheren physikalischen Erklärung zu unterziehen.

Wir erachten es für zweckmässig, diesem Abschnitte auch die Eröterungen Scheuchzers über die „Cryptae Aeoliae" beizufügen, „gewisse Hölen oder Bergspälte, aus welchen zu gewissen Zeiten kalte Winde oder Lufft hervor blasen"[2]), über deren Wesen und Ursachen Scheuchzer gleichfalls zuerst ein helleres Licht verbreitet hat. Er zählt eine Reihe von Gegenden auf, in denen sich dergleichen „Wind- oder Luftlöcher" befinden, so Luzern, den Pilatus, das Sihlthal, Glarus u. a.; unterhalb Steinsberg im unteren Engadin zeigen sich deren drei, während auf den Steinsberger Alpen zwei zu sehen sind, „welche mit einem Getöse oder Gemurmel das Wetter vorhersagen". Im Kanton Appenzell „auf Gammor" findet man zwei derartige Windlöcher, das eine nahezu in der Mitte

[1]) Hann, Handbuch etc., p. 201 ff. Supan, Grundzüge der phys. Erdkunde, p. 84.

[2]) N. H. I. p. 122 ff. vgl. Aerogr. Helv. I. p. 10. Stoicheiolog. p. 11.

des Berges „von unermesslicher Tiefe, so dass ein hineingeworfener Stein gar lange gehört wird“; das andere oben auf dem Berge, von welchem eine alte Sage erzählt, dass, wenn man einen Stein hineinwirft, ein Ungewitter entstehe. Die bekanntesten und berühmtesten Windlöcher befinden sich aber bei Chiavenna[1]), an dem nächstgelegenen Berge, wo deshalb die Einwohner dieser Stadt Weinkeller angelegt haben, und wo oft in einem solchen zwei, drei oder mehr Luftlöcher wahrgenommen werden können.

Nach Scheuchzer ist bei diesen Windhöhlen gleichsam eine „Ein- und Ausatmung“ wahrzunehmen. Im Sommer an heissen Tagen strömt aus denselben eine kalte Luft hervor, im Winter dagegen dringt die äussere Luft hinein, verhalten sich also diese Höhlen aspirierend; im Frühling und im Herbste tritt eine Pause in diesem „Atmungsprozesse“ ein. Die Ursache dieser eigentümlichen Luftströmungen sucht Scheuchzer mit Recht in der Störung des Gleichgewichtes zwischen der äusseren, auf der Erdoberfläche aufliegenden, und der inneren, in den Höhlen der Erde befindlichen Luft; denn im Sommer, namentlich an heissen Tagen, erfolgt eine starke Erwärmung und Ausdehnung der äusseren Luftsphäre, so dass die innere, dichtere Luft die Tendenz erhält, nach aussen hervorzubrechen[2]); dieses letztere wird, wie Scheuchzer meint, begünstigt durch den Umstand, dass sie an manchen Stellen durch enge Öffnungen aufsteigt, demgemäss den äusseren Gegendruck um so leichter überwinden kann. Im Winter dagegen und in der Nacht ist der Druck der äusseren Luft ein stärkerer, und deshalb tritt die umgekehrte Erscheinung ein, die Windhöhlen wirken aspirierend. Am stärksten ist der aus den Windhöhlen hervordringende Luft-

---

[1]) S. a. Itin. alp. p. 102 u. 103.

[2]) N. H. I. p. 124: „Des Sommers, bei warmen Tagen, dehnt sich die Luftsphäre gewaltig aus und wird wegen dieser Dünnung geschwächt, so dass die innere, dichtere Erdluft ihre Elasticitet oder Triebkraft gegen jene ausüben kann.“

strom naturgemäss um die Mittagszeit. Scheuchzer beruft sich zur weiteren Begründung vorstehender, einen feinen Beobachter verratenden Erklärung auf die Übereinstimmung mit den barometrischen und thermometrischen Ergebnissen. Er vergleicht die Windlöcher in passender Weise mit dem Barometer, indem der „ein- und ausgehende Blast“ in ähnlicher Weise die Wetterlage kennzeichnet, wie das Steigen und Fallen des Barometers, wie denn in der That die im Bereich solcher Höhlen lebenden Alpenbewohner sie als „Wetterpropheten“ mit Vorliebe benützen.[1])

Schliesslich wendet sich Scheuchzer noch dem oben berührten Aberglauben des Volkes zu, dass durch Hineinwerfen von Steinen in dergleichen Luftlöcher der „Aeolus“ derart „erzürnt“ werde, dass von ihm schwere Ungewitter erregt würden.[2]) Er neigt der Ansicht zu, dass dieser Aberglaube sich herleite von einem vor Ausbruch eines Gewitters in diesen Höhlen wahrzunehmenden Geräusche oder „Brummen“, das seinen Grund in der vielfachen „Anpütschung“ der durch enge Klüfte in rascher Bewegung aufsteigenden Luft haben könne, wie ja bekanntlich eine durch enge, namentlich gekrümmte oder gar schneckenförmige Kanäle getriebene Luft leicht ein starkes Geräusch verursachen könne. Gewiss sei, dass die Luft aus diesen Höhlen bei bevorstehenden Gewittern und Stürmen stärker hervorbreche als sonst, wie auch das Quecksilber dann tiefer falle. Er irrt aber, wenn er glaubt, dass die zu Chiavenna als Vorbote des Regens betrachtete Feuchtigkeit an den eisernen Schlössern und Beschlägen der in den dortigen Grotten angebrachten Thüren eine Folge der aus dem Inneren der Erde aufsteigenden Wasserdämpfe sei, da nur die in der äusseren Luft enthaltenen reichlichen Wasserdämpfe, die eine Änderung der Wetterlage bedingen, in diesen kalten Räumen eine stärkere Kondensation bis zur tropfbar-flüssigen Form erfahren.

---

1) N. H. I. p. 125.
2) N. H. I. p. 126.

VII. Klima.

Es bedarf kaum einer Erwähnung, dass der moderne, zuerst von Hann[1]) in voller Schärfe aufgestellte Begriff des Klimas als der Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche charakterisieren, Scheuchzer ebenso fremd war als der Zeit vor A. v. Humboldt überhaupt, der selbst ihn noch zu sehr von den Beziehungen unseres menschlichen Organismus zum Wetter abhängig machte,[2]) und dass daher von einer systematischen Darstellung dieser Fragen im Sinne der heutigen Wissenschaft bis auf die neueste Zeit herauf, in der zuletzt Hann den augenblicklichen Stand unseres Wissens in klimatologischer Beziehung in seinem bahnbrechenden Werke meisterhaft gezeichnet hat, nicht gesprochen werden kann. Wenn wir es dennoch wagen, dieser Arbeit einen Abschnitt über die klimatischen Verhältnisse des Hochgebirges einzureihen, so bestimmt uns hiezu wesentlich die Thatsache, dass die wichtigsten Faktoren unserer Klimatologie in den verschiedenen Schriften Scheuchzers eine derart eingehende Berücksichtigung finden, dass eine Zusammenstellung derselben uns ein ziemlich umfassendes, wenn natürlich keineswegs scharf abgegrenztes Bild des Hochgebirgsklimas bietet.

In erster Linie erregen die stets wechselnden und die schroffsten Gegensätze darstellenden Temperaturen der Luft Scheuchzers besondere Aufmerksamkeit. Er stellt in dieser Hinsicht den allerdings durch die Erfahrung in

[1]) Handbuch der Klimatologie, p. 1 ff.

[2]) Kosmos, 1. Band, p. 340.

ausgiebigster Weise bestätigten Grundsatz auf, dass mit der Zunahme der Höhe auch eine stete Abnahme der Temperatur zu verzeichnen ist.[1]) Demgemäss findet man auf den hohen Alpengipfeln eine sehr niedrige Temperatur, wofür der niemals weichende Schnee und die gewaltigen Gletscher unwiderlegliche Beweise sind.[2]) In der Erklärung dieser Erscheinung beruft er sich auf das Aristotelische System der Wolkenbildung; je näher die Sonnenstrahlen der Erde gerückt sind, desto mehr convergieren sie wechselseitig und um so wirksamer ist ihre vereinte Kraft, um so fühlbarer die Wärme; je mehr sie dagegen von der Erde entfernt sind und daher divergieren, desto geringer wird deren Wirkung, um so mehr macht sich die Kälte geltend. Diese erhöht sich auf den isolierten, schneebedeckten Berggipfeln in hervorragendem Grade durch den Wegfall der in den tiefer gelegenen Stellen, namentlich in den abgeschlossenen Thälern, so wirksamen vielfachen Reflexion der Sonnenstrahlen. Ferner sind die obersten Teile der hochaufragenden Gebirge häufig mit Wolken verhüllt, dem eisigen Hauch der Winde und dem „Anprall", „allapsui", der Wolken ausgesetzt, die dort sich kondensieren und in ähnlicher Weise erkalten wie das bei Destillierungen verwendete Wasser. Dazu kommt endlich noch die mit der zunehmenden Höhe immer fühlbarer werdende Abnahme der Dichtigkeit der Luft, die stets sich steigernde „Subtilität" derselben.[3])

Umgekehrt gewahrt Scheuchzer in den tief gelegenen Thälern,[4]) namentlich jenen, welche den ganzen Tag

[1]) Aerogr. I. p. 14. Stoicheiol. p. 13. N. H. I. p. 5.

[2]) Aerogr. I. p. 15: „In montium editissimis iugis perpetuo regnat stricti frigoris aura".

[3]) Zutreffend sagt er hierüber N. H. I. p. 153: „Endlich ist auch diss nicht zu übergehen, dass die obere Luft dünner, die untere aber dichter und zusammengepresster ist, und dass eine zusammengetrukte Luft fähig ist nicht nur zu starker Trukgewalt, sondern auch einen höheren Grad der Wärme zu empfangen, und länger zu behalten als eine dünnere, deren Teil weiter von einander stehen." vgl. Aerogr. I. p. 16.

[4]) Aerogr. I. p. 12 u. 13. Stoicheiol. p. 13.

oder wenigstens den grössten Teil desselben den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, in der heissen Zeit, „regnante Sirio"[1], eine solche Steigerung der Wärme, „dass die Bewohner nur schwer atmen können."[2] Der Grund ist nach ihm zu suchen in der stärkeren und darum wirksameren Konvergenz der einfallenden und reflektierten Sonnenstrahlen sowie in der Konzentration der von den Flanken der Berge und den jäh aufsteigenden Felswänden oftmals reflektierten Strahlen im tiefsten Thalgrunde. Davon leitet sich auch die Fruchtbarkeit gewisser Thäler her, namentlich derjenigen, welche sich von O. nach W. erstrecken, wie das Wallis- und Tellinathal. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die oftmalige Reflexion der Sonnenstrahlen eine Hauptrolle in der starken Erhitzung der Thäler spielt, allein Scheuchzer übersieht gerade die wichtigste Wärmequelle der Luft, nämlich die Erhitzung des Bodens, der die aufgenommene Wärme zu den Luftschichten wieder fortleitet, die daher um so weniger daran partizipieren, je weiter sie von ihm entfernt sind.

Diese so scharf hervortretende Verschiedenheit des Höhen- und Tiefenklimas hat schon Scheuchzer veranlasst, auf Grund der Höhenlage mehrere klimatische Zonen, freilich nur in ganz allgemeiner Weise und analog den vier Jahreszeiten, anzunehmen.[3] So findet er oben auf den „Alpspitzen" den Winter, wo ewiger Schnee und Eis das Landschaftsgepräge bilden, und wo eisige Stürme, deren Kälte durch den meist wolkenfreien Himmel wie durch Mitführung von „kleinsten Eis- und Schneeteilchen" hervorgerufen ist,[4] ungehindert ihre zerstörende Gewalt ausüben; weiter unten begegnen wir dem Frühling und Herbst, wo herrlich grünende, üppige Weiden in romantischer Lage unserem entzückten Auge ein unvergleichlich anmutiges Bild darbieten, während am Fusse der Bergmassen, im Thale,

[1]) Aerogr. I. p. 12.
[2]) ibid. p. 12.
[3]) N. H. I. p. 152. vgl. Stoicheiol. p. 16 u. 17.
[4]) Helv. aer. I. p. 10.

der Sommer uns entgegenlächelt mit dem beglückenden Bilde der reichen Segen spendenden Ernte. Diesen Abstufungen entspricht auch der Charakter der Pflanzenwelt.[1] Während unten im Thale sich die reichste Vegetation entfaltet, zeigt sich bei zunehmender Höhe eine mit ihr gleichen Schritt haltende Abnahme an Mannigfaltigkeit sowohl wie an Grösse und allseitiger Entwicklung, bis zuletzt alle Vegetation erlischt und nur mehr öde Felsen, abwechselnd mit toten Schnee- und Eismassen, uns entgegenstarren. Aber Scheuchzer verwundert sich nicht mit Unrecht über die in höheren Gebirgsregionen zu Tage tretende Zartheit der Pflanzen im allgemeinen und über das Auftreten gewisser, an niedrigeren Orten vergeblich gesuchter Kräuter, denen er einen besonderen Gehalt an Würze und Heilkraft zuschreibt. Indes geht er in der Erklärung dieser doppelten Erscheinung fehl durch seine allgemeine irrige Ansicht über den Prozess der Ernährung und des Wachstums der Pflanzen, deren Nährsaft er von der aufliegenden Luftmasse in die Höhe treiben lässt, so dass bei Abnahme des Luftdruckes mit zunehmender Höhe einerseits der genannte Vorgang eine stete Schwächung erleidet, andererseits nur mehr ein „feinerer, beweglicherer, geistigerer Saft", „succus subtilior, volatilior, spirituosior"[2], in die „Zäserlein"[3] der Pflanzen gelangen kann. Hiebei schliesst er aber nicht andere Ursachen aus, unter denen vor allem Erwähnung verdienen die „unaufhörlich anstossenden Winde" und die grössere Kälte, wodurch die „Poren der Pflanzen zusammengeschnürt werden."[4]

Noch mehr als den mit der Seehöhe wechselnden Unterschied in der Temperatur betont Scheuchzer jenen, der den mannigfaltigen Bau und die verschiedene Lage und Richtung der Thäler, wodurch vor allem

[1] Aerogr. p. 17, 18 u. 19. B. N. G. I. p. 62 ff. Stoicheiol. p. 14 u. 15.
[2] Stoicheiol. p. 15. Aerogr. I. p. 18 u. 19.
[3] B. N. G. I. p. 63.
[4] Aerogr. I. p. 19.

der Zutritt der Sonnenstrahlen und der Schutz vor rauhen Winden, namentlich dem bestgehassten Nordwinde, oder die entgegengesetzten Verhältnisse bedingt sind, zur Grundlage hat und in den schärfsten Gegensätzen sich manifestieren kann.[1] Hierin liegt die Ursache, warum in der Schweiz nahezu alle Bodenerzeugnisse von der Äquinoktiallinie bis zur Polarlinie gedeihen, weshalb Scheuchzer wiederholt sein Heimatland „einen kurzen Begriff von ganz Europa“ nennt.[2] So können Orte, die unter demselben Horizonte liegen, ganz verschiedene klimatische und Ertragsverhältnisse aufweisen, ja ein höher gelegener klimatisch mehr begünstigt sein als ein anderer von geringerer Seehöhe. Namentlich erscheinen jene Thäler bevorzugt, die auf Grund ihrer ost-westlichen Erstreckung den ganzen Tag über der wohlthätigen Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt und auf der Nordseite durch eine hoch aufragende Bergkette vor dem schlimmen Einflusse des Nord- und Nordostwindes im wesentlichen geschützt sind. Es genügt ein Hinweis auf das Bergell-, Tellina- und untere Wallisthal, welch letzteres Scheuchzer des Namens des „Schweizer Paradieses“ würdig erachtet, um die eben festgestellte Thatsache unwiderleglich zu bekräftigen. Überall aber macht man die Beobachtung, auch in den weniger gebirgigen Gegenden, dass stets die der Südseite gegenüberliegenden Äcker und Weinberge fruchtbarer sind als die übrigen, indem sie in erster Linie und in höherem Grade vor den verderblichen Wirkungen des „Boreas“ geschützt sind. Die Gegenden, welche gegen Westen offen sind, besitzen durch den hier vorwiegenden Einfluss des Westwindes mehr Feuchtigkeit, sind aber zugleich verschiedenen Alterationen ausgesetzt, wovon die Verwitterung der hier aufragenden Felsen eine beredte Zeugin ist.[3]

---

[1] Helv. aer. I. p. 6 u. 7. Aerogr. I. p. 16 u. 17.
[2] N. H. I. p. 43. vgl. B. N. G. II. p. 162.
[3] In den im Bereich der Wirkungen des Föhns gelegenen Gebieten übt dieser einen hervorragenden klimatischen Einfluss auf die-

Wenig einladend erscheinen im Gegensatze zu den eben erwähnten jene ebenfalls bewohnten Thäler, in denen jede Jahreszeit als kalte bezeichnet werden kann. Ein solches ist das Rheinwaldthal am Ursprunge des Hinterrheins,[1]) in dem bei reiner Luft und heiterem Himmel meistens eine strenge Kälte herrscht, was ein daselbst gebräuchliches Sprichwort bestätigt, welches sagt, „im Rheinwald seyen 9 Monat Winter, und 3 Monat Kalt.“ Als wirksamste Ursache dieser häufig perennierenden Kälte bezeichnet Scheuchzer die Ost- und Nordwinde, die den Südwind („Pföuen“) nur selten die Oberhand gewinnen lassen. In Wirklichkeit tritt uns hier zweifellos das eigentümliche Phänomen der Wärmeumkehr oder vertikalen Wärmezunahme entgegen, wobei die kalte, schwere Luft über dem Boden lagert und die wärmeren Schichten darüber; Grundbedingung dieser Erscheinung ist hoher Barometerstand, womit eben meist heiterer Himmel, der die Wärmeausstrahlung des Bodens befördert, und schwach bewegte Luft oder Windstille verbunden ist, die die Mischung der atmosphärischen Schichten verhindert.[2]) Ähnliche klimatische Verhältnisse findet Scheuchzer in dem prächtig gelegenen Engelberg (Vallis Angelimontana),[3]) das infolge seiner ziemlich hohen Lage und der Umgebung von mit ewigem Schnee und Eis bedeckten Bergen stets eine ziemlich rauhe und kalte Luftbewegung aufzuweisen hat, weshalb das Sprichwort entstand, „es seye in diesem Thal 13 Monat Winter, was darüber, seye Sommer“. Auch bezüglich des Engadins spricht Scheuchzer von einer durchdringenden Kälte, welche zur Winterszeit den Wein im Thalgrunde schneller gefrieren lässt als auf den Bergkämmen, — eine ganz treffliche Beobachtung unseres Geographen; denn es

---

selben aus, und der Kanton Uri verdankt ihm, wie Scheuchzer mit Recht bemerkt, in erster Linie seine warme Temperatur und den vor der Zeit erfolgenden Beginn des Frühlings. (N. H. I. p. 52 vgl. p. 48.)

[1]) Stoicheiol. p. 16.

[2]) Supan, Grundzüge der phys. Erdkunde, p. 41—42.

[3]) Itin. alp. p. 16.

wurde in neuerer Zeit festgestellt, dass sowohl das Engadin wie das Drauthal durch die Abnormität der vertikalen Wärmezunahme ausgezeichnet sind, indem in beiden Thälern die kalte Luft im Winter am Abflusse gehindert ist.[1])

Neben diesen allerdings stark kontrastierenden, aber meist perennierenden Temperaturunterschieden, die nach einer feinen Bemerkung Scheuchzers fast ebensoviele Variationen aufweisen, als Provinzen, ja als Gaue, Berge und Teile von Bergen gegeben sind,[2]) klagt er wiederholt über die schroffen Temperaturgegensätze an ein und demselben Orte; so „regiert an einichen Orten bald das ganze Jahr hindurch eine beständige fast winterliche Kälte, an anderen bald eine durchtringende Kälte, bald eine fast unleidenliche Wärme: Die meisten Länder, Stätte, und Thäler aber werden etwan innert wenig Tagen oder wochen angefochten mit ganz widrigen Abänderungen.“[3]) Und in der Aufzählung und Schilderung der „seltsamen Jahreszeiten“, die seit den ältesten Zeiten in der Schweiz bekannt sind, führt er nicht weniger als 78 Jahrgänge an, welche neben anderen extremen Erscheinungen durch unerträgliche Hitze und noch häufiger durch furchtbare Kälte ein schlimmes Andenken in der Erinnerung der Schweizer hinterlassen haben.[4])

Wir wenden uns nun zum zweiten klimatischen Hauptfaktor, zur atmosphärischen Feuchtigkeit. Immer wieder hebt Scheuchzer rühmend hervor den gewaltigen Wasserreichtum des Hochgebirges, der in zahllosen krystallauteren Quellen sich manifestiere und einem guten Teil von Europa in der Gestalt von Bächen und

---

[1]) Vgl. Supan, Grundzüge etc., p. 42. Sils im Engadin (1810 m hoch) ist im Januar (— 8,1 °) ebenso kalt als der St. Bernhard in 2478 m H., und Bevers, nur 1715 m hoch gelegen, hat sogar — 9,6 °, ist also um 4,1 ° kälter als der etwas höhere, aber isolierte Rigi.

[2]) Stoicheiol. p. 16.

[3]) B. N. G. I. p. 129.

[4]) B. N. G. I. p. 130 ff.

Flüssen, aber auch von Wolken, Segen und Fruchtbarkeit spende.[1]) Zählt doch das Dorf Flims bei Reichenau allein nicht weniger als 13 Hauptquellen mit einer Fülle reinsten Wassers.[2]) Diese Thatsache lässt nicht bloss auf Zuführung ungeheurer Feuchtigkeitsmengen durch Süd- und Westwinde schliessen, ein Moment, das Scheuchzer viel zu wenig betont, sondern hat notwendig auch die Bildung reichlicher Wasserdämpfe im Lande selbst ebenso zur Voraussetzung als zur Folge, worauf er ein besonderes Gewicht legt, wie er denn die Berge mit „Kaminen“ vergleicht, „durch welche die Dünste in grösserer Mass auss dem Eingeweid der Erden aussrauchen können, als durch ebene Felder und Wasser, weilen oft die Fläche eines einigen Bergs gleich gross ist mit der ebenen Fläche eines ganzen Lands“, und sie mit Recht „samlere und aussspendere der Wolken“ nennt[3]); gilt ja auch der Brocken im Harz als der grosse Kondensator der norddeutschen Tiefebene. Aus all diesem ergibt sich ohne Zweifel ein grosser Feuchtigkeitsgehalt der Gebirgsluft.

Indes beschränkt sich Scheuchzer hierin keineswegs auf allgemeine Beobachtungen und Bemerkungen, sondern er hat treu dem von ihm aufgestellten Grundsatze, „Wenn jemand sich in dem Studium der Natur üben und die Beschaffenheit eines Landes und dessen Jahreszeiten in Erfahrung zu bringen Lust hat, der muss von Tag zu Tag auf die Änderungen, welche in der Luft, auf der Erde, an Menschen, Vieh, Gewächsen, in Bergen und Thälern, Flüssen und Seen sich zutragen, genau achten“[4]), seit dem Jahre 1708 die wichtigsten meteorologischen Erscheinungen in der ihm möglichen Genauigkeit regelmässig

[1]) Helv. aer. I. p. 24: „Gloriari potest, si quae Regio, nostra certe, de Aquarum et copia et praecellenti bonitate, ut . . . . non sit pascuum alpinum, non pagus, non villa, suo destituta fonte.“ Vgl. N. H. III. p. 13. I. p. 164 u. 147. II. p. 99.

[2]) B. N. G. I. p. 187. Itin. alp. p. 117—118.

[3]) B. N. G. I. p. 38.

[4]) N. H. I. p. 77.

festgestellt und notiert und zum Zwecke der Vergleichung seine Aufzeichnungen nach Paris an De la Hire gesandt,[1]) worunter namentlich die Niederschlags- und Luftdruckverhältnisse eine sehr sorgfältige Behandlung seitens der sachkundigen Hand Scheuchzers erfahren haben. Wolf zählt ihn daher mit Recht unter die ältesten regelmässigen Beobachter der Witterungserscheinungen.[2]) So stellt er[3]) für das Jahr 1708 in Zürich eine nach den Ergebnissen der einzelnen Monate sich berechnende Gesamtregenmenge von $368^{5}/_{12}$ Linien fest, von denen $195^{1}/_{6}$ dem ersten Halbjahre und $173^{1}/_{4}$ dem zweiten angehören. Er zieht regelmässig den Vergleich mit den in Paris gemachten Beobachtungen, wo im gleichen Jahre 222 L. fielen, woraus sich ergebe, dass in der gebirgigen Schweiz bedeutend mehr Regen falle als in Frankreich. Ebenso beobachtete er zu gleicher Zeit die Veränderungen des Wasserstandes der Limmat, der nach seinen täglichen genauen Messungen in der ersten Hälfte des Jahres eine Zunahme von $71^{1}/_{2}$" und eine Abnahme von 35", in der zweiten dagegen eine Zunahme von 13" und eine Abnahme von 67" zeigte. Es war demnach dieser Fluss in der ersten Jahreshälfte noch einmal so stark gestiegen als gefallen, woraus Scheuchzer unter Gegenhaltung der in der gleichen Zeit gefallenen Regenmenge die Konsequenz zieht, dass die Flüsse des Hochgebirges mehr durch Auflösung von Schnee als durch Regenwasser wachsen; denn im zweiten Halbjahre sei die Limmat nur um 13" gewachsen, dagegen habe sie um 67" abgenommen, während sich doch mit Rücksicht auf die gefallene Regenmenge eine Zunahme von 63" hätte ergeben sollen, woran nur die früh eingetretene Kälte und die damit in Verbindung stehende Verwandlung der Niederschläge in Schnee die Schuld trage.[4]) Ausserdem schliesst

---

[1]) Studer, Geschichte etc., p. 194.

[2]) Biographien etc, a. a. O.

[3]) N. H. I. p. 84ff.

[4]) Dass der grösste Teil der Gebirgswasser der durch die Wärme bewirkten Schneeschmelze zuzuschreiben ist, folgert Scheuchzer

Scheuchzer aus der grösseren Zahl der Abnahmegrade (102 gegen $84^{1}/_{2}$), dass die Schweiz kälter sei als andere von dem Hochgebirge entlegenere Gebiete. In ähnlicher Weise, wie für das Jahr 1708, bestimmt er auch für die Jahre 1709, 1710 u. s. w. die Regenmenge und den Stand der Limmat, ebenso gibt er in der „Beschreibung des Wetter-Jahres 1731" (S. 28) für jeden einzelnen Monat dieses Jahres die Regenmenge an, die sich für das ganze Jahr auf 37" $4^{1}/_{2}$''' berechnet, das Doppelte der jährlichen Regenmenge in Paris.[1])

Diese gewaltigen Niederschlagsmengen lassen es keineswegs auffallend erscheinen, dass in der Schweiz häufige und in ihren Wirkungen zuweilen furchtbare Überschwemmungen auftreten und ganze Länderstrecken verwüsten, die nach den statistischen Angaben und Beschreibungen Scheuchzers ihre Ursache meist von andauerndem Regen oder rascher Auflösung des Schnees herleiten, aber auch die Folge eines sog. Wolkenbruchs oder heftiger Stürme sein können.[2])

Ein hervorragendes Verdienst erwarb sich Scheuchzer auch dadurch, dass er zum Zwecke vergleichender meteorologischer Beobachtungen zwischen Zürich und dem St. Gotthard im August des Jahres 1728 ein dem seinigen in Zürich genau nachgeformtes Barometer bei den Kapuzinern des Gotthardhospizes aufstellte, von denen seit dieser Zeit tägliche Aufzeichnungen des Barometerstandes und des Witterungscharakters gemacht wurden bis zum Oktober 1731, wo „das Wetterglas verunglücket

auch daraus, dass die Wildbäche gewöhnlich gegen Abend steigen, wie beispielsweise der beim Pfäfersbade abfliessende Taminabach jeden Abend anschwillt, oft sogar einen Schuh hoch, obgleich im Laufe des Tages kein Regen gefallen ist. Scheuchzer nennt diese Erscheinung eine „curiose Gattung von einer Ebbe und Fluth." N. H. I. p. 86.

[1]) Über die in damaliger Zeit zu derartigen Messungen verwendeten Apparate enthält nähere Angaben hinsichtlich ihrer Konstruktion und ihres Gebrauches: J. G. Leutmann, Instrumenta meteorognosiae inservientia. Wittenberg 1725.

[2]) Cataclysmographia Helvetiae.

worden." [1]) Abgesehen von der in Abschnitt III. erwähnten Höhe des Hospizes erkannte Scheuchzer aus diesen vergleichenden Beobachtungen namentlich, dass die Barometerschwankungen auf dem St. Gotthard fast stets geringer sind als in Zürich, weshalb er die Luft mit einem „umgekehrten" Meere vergleicht, und dass während des Winters von September bis April der Unterschied in der Barometerhöhe zwischen Gotthard und Zürich grösser sei, dagegen von Mai bis September kleiner, was er damit erklärt, dass die Luft in den Sommermonaten „sehr verdünnert und in die Höhe erhoben wird." [1])

Besondere Erwähnung verdient noch, dass Scheuchzer auch die klimatische Bedeutung weiter Schneeflächen im wesentlichen erkannt hat und wohl zu würdigen verstand. Er vergleicht in sinnvoller Weise die Schneehülle mit den Wolken, die beide die unter ihnen ausgebreitete Bodenfläche vor der grimmigen Kälte und deren schädlichen Wirkungen schützen.[2]) Der Schnee erwärmt nämlich, wie er meint, einerseits die unter ihm befindlichen Gewächse und deren Wurzeln und erhält sie in frischer Kraft, andererseits hindert er die aus dem Inneren der Erde aufsteigende Wärme, sich im Luftraum zu verlieren,[3]) deren Vorhandensein er u. a. aus der Beobachtung erschliesst, dass es auf den hohen Alpen Quellen gibt, die das ganze Jahr hindurch fliessen, und dass die meisten Gletscher infolge der Abschmelzung von unten den ganzen Winter hindurch Wasser spenden, wenn auch in geringerer Menge als im Sommer, in dem der Schmelzprozess sich infolge der gesteigerten Sonnenwärme auch von oben vollzieht.[4]) Aus dieser erwärmenden und erhaltenden Wirkung des Schnees erklärt sich nach ihm die Thatsache,[5]) dass in Thälern und

---

[1]) Beschreibung des Wetter-Jahres 1731. p. 29 u. 30.
[2]) N. H. I. p. 7 u. 8.
[3]) B. N. G. I. p. 144.
[4]) N. H. I. p. 7.
[5]) B. N. G. I. p. 143 u. 144.

Orten, die in unmittelbarer Nähe der Schneefelder liegen und deshalb selbst ungewöhnlich lange unter der Herrschaft des Schnees stehen, im Frühjahre ebenso rasch der Boden zu grünen beginnt wie in den entfernteren und offeneren Thälern, da hier die Vegetation den schlimmen Wirkungen der einbrechenden Kälte mehr ausgesetzt ist. So findet sich in der Gegend von Glarus zwar den ganzen Winter hindurch wenig Schnee, während man in den mehr aufwärts gelegenen, namentlich obersten Partien des Linththales wegen der Nähe der Schneegebirge die entgegengesetzte Erscheinung beobachtet, allein bei der Rückkehr der warmen Jahreszeit hält der Graswuchs an beiden Orten gleichen Schritt, und nicht selten gewahrt man an den höher gelegenen Orten Schnee und Grün in friedlichem Nebeneinander wie auf hochgelegenen Alpenweiden. Indes hat der Schnee in klimatischer Hinsicht auch seine Schattenseiten, indem die schneebedeckten Berggipfel in den nahe gelegenen Thälern eine bedeutende Verlängerung des Winters, grosse Schneemassen und empfindliche Kälte, hervorgerufen namentlich durch eisige Winde, bewirken, aber auch in den mehrere Tagreisen entfernten Kantonen nicht selten eine plötzliche und lang anhaltende Kälte, Schnee und Reif zur Folge haben.[1])

Die modernen Anschauungen bezüglich der klimatischen Bedeutung des Schnees lassen sich dahin zusammenfassen, dass derselbe die Grösse der Schwankungen in der Bodentemperatur verringert, indem er bei Temperaturen unter 0^0 den Boden vor stärkerer Abkühlung schützt und bei Temperaturen über 0^0 eine Abkühlung hervorruft, so dass also einem reichen Schneefalle eine gewisse Umgestaltung des Klimas im maritimen Sinne entspricht,[2]) wenn auch die unteren Luftschichten über grossen Schneeflächen eine niedrigere Temperatur erhalten als jene über schneefreiem Boden. Durch die rauhe Oberfläche des

---

[1]) B. N. G. I. p. 143.

[2]) Günther, Physische Geographie, p. 72.

Schnees wird ferner die Bewegung der Luft vermindert, und durch die geringere Windstärke und die niedrigere Lufttemperatur wird über einer Schneedecke die Bildung von Anticyklonen begünstigt. Als klimatischer Faktor wird endlich der Schnee in allerdings unangenehmer Weise noch sehr fühlbar zur Zeit seiner Auflösung, wo der zu diesem Prozesse verwendete Betrag der Frühjahrswärme latent wird und als notwendige Folge in Gegenden mit viel Schnee ein empfindlicher Temperaturrückgang eintritt. [1])

Man sieht, dass Scheuchzer auch hier der Wahrheit zum öfteren ganz nahe gekommen ist.

---

[1]) Näheres über diesen Gegenstand s. bei Woeikow, der Einfluss einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter, Wien 1888, und bei Ratzel, die Schneedecke, bes. in deutschen Gebirgen, Stuttgart 1889.

VIII. Quellen.

Wir haben bereits im vorhergehenden Abschnitte den bedeutenden Wasserreichtum des Hochgebirges kennen gelernt, der sich nicht in letzter Linie in den zahllosen grösseren und kleineren Quellen manifestiert, die auf Grund des mannigfaltigen Gebirgscharakters nicht selten ein eigentümliches Gepräge an sich tragen oder auffallende Erscheinungen zeigen. Zunächst überrascht uns die grosse Anzahl der Mineralquellen, deren Scheuchzer in seiner „Naturhistorie" nicht weniger als ca. 180 namhaft macht,[1] und die für ihn als Arzt noch den Gegenstand eines besonderen Interesses bildeten. Über die Ursache des ungewöhnlich starken mineralischen Gehaltes derselben äussert er sich kurz dahin, dass das gewöhnliche Süsswasser auf dem Wege durch die unterirdischen Kanäle jene Stoffe, die von den Hauptmassen sich abgesondert haben oder noch nicht genügend hart sind, oder die sich leicht im Wasser auflösen lassen, wie Vitriol, Schwefel und alle Salze, mitführe, gibt aber auch, verführt von der Cartesianischen Hypothese über das Erdinnere, die Möglichkeit zu, dass das Wasser seine mineralischen Bestandteile auch erhalte „von allerhand aus dem innersten der Erden gegen der obere Fläche aufsteigenden metallischen Dünsten."[2] Als mineralische Bestandteile ergaben sich nach chemischen Untersuchungen Scheuchzers in den meisten Fällen Schwefel, Eisen, Kupfer, Gold, Silber, Salpeter, Vitriol, verschiedene Salze u. a.,[3] nach denen er in den zahlreichen sehr eingehenden und mit den

---

[1]) N. H. II. p. 165 ff.

[2]) Physica, II, p. 234. vgl. auch N. H. II. p. 275 ff. u. 162 ff.

[3]) Vgl. Haas, Quellenkunde, p. 128 ff.

besten Stellen aus der vorhandenen Literatur geschmückten Beschreibungen der bekannteren Bäder deren Wirksamkeit zur Heilung der verschiedensten Krankheiten bestimmt.[1]) Die Einteilung der Mineralquellen geht indes von keinem einheitlichen Gesichtspunkte aus und verdient daher keine weitere Berücksichtigung.[2])

Die Behandlung der Mineralquellen gibt Scheuchzer auch Anlass, über die „versteinernden" Quellen und Tropfsteinbildungen einige zutreffende Bemerkungen anzubringen.[3]) Unter den ersteren versteht er solche Wasser, welche viele „irrdische oder steinichte Theil oder Cörperlein" mitführen, die in freier Luft sich von den Wasserteilen sondern, vermöge ihrer Schwere zu Boden sinken oder sich an die Kanalwände anlegen und so alles mit einem „Tug- oder Toffstein" überziehen. Scheuchzer kennt eine Reihe von Orten in der Schweiz, wo derartige inkrustierende Quellen sich befinden. So erwähnt er einer Quelle im Bergell, die alles, was mit ihr in Berührung kommt, mit einer roten Schichte überkleidet, so dass das Moos und andere Gewächse ein korallenähnliches Aussehen erhalten. Am Zürichersee beobachtet man ebenfalls solche Krustenbildungen durch das Wasser, wie nicht minder am Genfersee u. s. w. Hinsichtlich der Tropfsteinbildungen gibt er, im Gegensatze zu Ploth,[4]) der das ganze Wasser sich in Stein verwandeln lässt, der Auffassung Raum, dass das Wasser aufgelöste „subtile" Teilchen von einem „Specular"- oder ähnlichen Stein mit sich führe, die sich in freier Luft aus dem Wasser ausscheiden und zu steinernen Zapfen oder Tropfsteinen sich verbinden, während das Wasser selbst sich am Boden der Höhle sammelt oder anderweitig abfliesst.

Hier ist auch der Ort, von den von Scheuchzer ebenfalls berührten Quellen zu sprechen, deren Wasser

---

[1]) N. H. II. p. 165 ff.
[2]) a. a. O.
[3]) N. H. II. p. 320.
[4]) Nat. Hist. of Oxfordshire, p. 34.

sich „weder zum Waschen noch zum Kochen" eignet. Er nennt von diesen vorzugsweise zwei, nämlich einen Brunnen oberhalb Schwanden im Kanton Glarus und vor allem den „Hammerbrunn" bei Hallau im Gebiet von Schaffhausen.[1]) Ausgehend von der Anschauung, dass die „kleinste Theil des Wassers nicht über einen Leist geschlagen, ... sondern von einanderen also underscheiden seyen, dass einiche gröber, grösser, andere kleiner, und subtiler," kommt er zu dem Schlusse, dass bei diesen Quellen die Moleküle des Wassers zu „grob und gross" seien, um beispielsweise beim Kochen die Erbsenhülsen zu durchdringen und zu erweichen, vielmehr werde den Erbsen sogar die ihnen innewohnende Feuchtigkeit entzogen und sie dadurch immer härter. Aus dem gleichen Grunde verbinden sich die Seifenmoleküle nicht mit diesem Wasser, sondern „rinnen in denen weiteren Löchlein vorhabender Brünnen zusammen" und verursachen dadurch naturgemäss einen Niederschlag. Übrigens gesteht er selbst, dass er „noch nicht genugsame Experimenta von dergleichen Wassern genommen, noch auch den Anlas hiezu gehabt habe."[2]) Hätte er an die Stelle dieser abenteuerlichen philosophischen Spekulation seiner sonstigen Gewohnheit gemäss eine physikalische bez. chemische Untersuchung des Wassers treten lassen, so hätte er sofort auf die richtige Spur geführt werden müssen. Denn es ergibt sich auf diesem Wege, dass das Wasser einen um so grösseren Härtegrad aufweist, je grösser die Menge des in den Quellwassern in Lösung vorhandenen kohlensauren Kalkes und der kohlensauren Magnesia oder die äquivalente Menge anderer Erdsalze ist.[3]) Die fetten Säuren der Seife gehen mit dem Kalk unlösliche Verbindungen ein, und deshalb eignet sich ein derartiges Wasser nicht zum Waschen.

Wie die mineralischen Bestandteile des Wassers, so können auch die Temperaturen desselben wesentliche

---

[1]) B. N. G. III. p. 14 u. 15.
[2]) N. H. II p. 134.
[3]) Haas, Quellenkunde, p. 90.

Unterschiede begründen. Scheuchzer kennt in der Schweiz, namentlich an hochgelegenen Stellen, mehrere sehr kalte Quellen, deren ungewöhnlich niedrige Temperatur er, wenn sie mineralhaltig sind, aus einer Vermischung mit Salpeter oder Alaun, sonst aber von dem Mangel der subterranen und Sonnenwärme herleitet;[1]) ein solches Wasser sprudelt in unmittelbarer Nähe der warmen Brigerquelle aus dem gleichen Felsen hervor.[2]) Ungleich mehr Berücksichtigung finden bei Scheuchzer naturgemäss die heissen Quellen, deren er 12 namhaft macht und beschreibt, darunter namentlich das von ihm als indifferent nachgewiesene Pfäfersbad (Thermae Piperinae) und das Leukerbad (Thermae Leucenses). Überzeugt von der Schwierigkeit, eine allgemein giltige und zurechtbestehende Erklärung für den Ursprung der Eigenwärme dieser Bäder zu geben, glaubt er immerhin in der Lage der meisten Thermen, wenigstens derjenigen zu Pfäfers, Baden und Leuk in der Schweiz und des Karlsbades in Böhmen eine einigermassen befriedigende Lösung des Rätsels gefunden zu haben.[3]) Er habe nämlich auf seinen Reisen die Beobachtung gemacht, dass diese Bäder in tiefen Thalkesseln gelegen seien, die ehemals durch Einsturz des Deckgewölbes eines unterirdischen Hohlraumes entstanden, so dass daselbst jetzt die Erdschichten fest auf einander liegen, ohne irgend welchen Zwischenraum offen zu lassen. Wenn man diesen Umstand erwäge und weiterhin beachte, dass im Inneren der Erde eine um so höhere Temperatur herrscht, je grösser die Entfernung von der Oberfläche ist, so sei unschwer zu begreifen, dass überall, wo Thermen uns begegnen, eine stärkere Erwärmung der Felslager und zusammengepressten Erdschichten und als unmittelbare Folge davon eine höhere Temperatur des hier befindlichen Wassers bewirkt werden müsse, im Gegensatz zu anderen Orten, wo

[1]) Phys. II. p. 236. vgl. N. H. II. p. 295.
[2]) Itin. alp. p. 300. B. N. G. III. p. 126.
[3]) N. H. II. p. 234 u. 35. Itin. alp. p. 486. Phys. II. p. 235. vgl. auch N. H. II. p. 275 ff. u. 350.

die Erde locker sei und die innere Erdwärme leicht durch die Poren der Erdrinde einen Austritt finden könne.[1]) Diese Erklärung, der eine ganz glückliche Idee zu Grunde liegt, findet er gegenüber der damals ebenfalls vertretenen Hypothese, dass die Wärme „ab effervescentia alcali cum acido“[2]) hervorgerufen werde, namentlich im Pfäfersbad bestätigt, dessen (fast) vollständige Indifferenz er klar dargethan hat, und das sein Bruder als ein in den Höhlen der Erde selbst destilliertes Wasser betrachtete. Auffallend aber erscheint es, dass Scheuchzer von einer Mitwirkung des Vulkanismus, der in den meisten Fällen zweifellos als Erwärmungsursache angesehen werden muss, gänzlich absieht und sich jeder Äusserung über eine solche Möglichkeit enthält, wenn man auch gestehen muss, dass die jeder vulkanischen Regung entbehrende Schweiz wenig geeignet war, Scheuchzer diese Thatsache nahe zu rücken. Ein durchaus unanfechtbares Urteil über die Ursache der Eigenwärme der Thermen zu fällen, ist auch jetzt noch nicht möglich geworden, und der ganze Vorgang wird aus leicht begreiflichen Gründen wohl für immer mehr oder weniger in geheimnisvolles Dunkel gehüllt bleiben.

Eine weitere besondere Gattung repräsentieren, von einem anderen Gesichtspunkte aus betrachtet, die intermittierenden Quellen, um deren Erforschung sich Scheuchzer zweifellos bedeutende Verdienste erworben hat, und die deshalb hier eine eingehende Berücksichtigung finden sollen.

In erster Linie erregen unser Interesse die noch wenig bekannten „Mey-Brünnen“, „Fontes Majales“,[3]) unter denen Scheuchzer solche Quellen versteht, „welche nur im Mey-Monat hervor fliessen und in dem Herbstmonat sich wiederum verlieren.“[4]) Dergleichen Brunnen gibt es nach

[1]) vgl. Haas, Quellenk., p. 122. Lersch, Hydrophysik, p 37.
[2]) N. H. II. p. 324.
[3]) B. N. G. II. p. 103 ff. III. p. 138.
[4]) N. H. II. p. 124.

ihm in der Schweiz, namentlich in den gebirgigeren Gegenden, gar viele. So fliesst in der Nähe von Zürich das „Schonbrünnelein" bei Wollishofen nur den Sommer hindurch, ebenso im Kanton Bern der „Siedemansbach". In Engelberg kann man ebenfalls mehrere Maibrunnen wahrnehmen, so den „Kalten Brunn." Im Kanton Glarus fliesst vom Guppen gegen Schwanden herab eine solche Quelle, deren Wasser sich nicht „zum Waschen und zum Kochen" eignet.[1]) Auch die Quelle von Pfäfers rechnet Scheuchzer mit Recht zu den Maibrunnen, da sie öfters im Mai hervorsprudelt und im Oktober wieder verschwindet; übrigens ist das Fliessen dieser Quelle ein ganz unbestimmtes, so dass sie bald früher, im April, zum Vorschein kommt, wie 1631, bald den ganzen Winter hindurch fliesst, wie 1628. Im Jahre 1596 ist sie sogar im April versiegt und erst im Juli wieder zu Tage getreten. Er berichtet ausserdem nach Kolwecks Beschreibung des Pfäfersbades als merkwürdig von dieser Quelle, dass sie bei rauhem und trockenem Winter vollständig zurücktrete und nicht vor Mitte oder Ende Mai wieder erscheine, während sie bei mildem Winter fortfliesse, aber nur ganz schwach.[2]) Unweit von Vettis strömen in unmittelbarer Nähe zwei mächtige Quellen aus Felsen hervor, die „Gorbsbrünnen oder Gorbsbäche," die ebenfalls nur vom Mai bis zum Oktober gespeist werden. Gleicher Natur ist auch der eine sehr niedrige Temperatur zeigende „Lieben Frauen Brunn" in der Nähe des Leukerbades.

Scheuchzer hat zuerst versucht, eine nähere, sehr beachtenswerte physikalische Erklärung des immerhin nicht leicht zu enträtselnden Vorganges bei diesen Quellen zu geben. Er stellt vor allem den bereits oben[3]) nachgewiesenen Grundsatz auf, dass das Steigen und Fallen des Wassers im Gebirge wesentlich

[1]) Andere Quellen dieser Art s. Lersch, Hydroph., p. 103 u. 105.
[2]) Näheres über das Fliessen dieser Quelle s. noch bei Lersch, Hydroph., p. 104.
[3]) p. 66.

bedingt sei durch die ungleichmässige Auflösung des Schnees, der in der warmen Jahreszeit stark schmelze, in der kalten dagegen unverändert liegen bleibe. Zeugen hiefür sind ihm so ziemlich alle Flüsse und Gebirgsbäche der Schweiz, und eine bekannte Thatsache ist ihm, dass die Sihl, die Limmat, der Rhone und Rhein sowie andere Gewässer im Sommer stark anschwellen und oft sogar über die Ufer treten, im Winter dagegen nur einen geringen Wasserstand besitzen. Freilich sei damit noch keine Erklärung der bei den Maibrunnen zu Tage tretenden Erscheinungen gegeben, die gewissermassen die extreme Seite der gewöhnlichen Flüsse und Bäche repräsentieren; fliessen sie doch im Winter gar nicht, während sie im Sommer oft eine sehr bedeutende Wasserfülle erreichen und gewöhnlich im Mai plötzlich und mit solchem Geräusch hervorstürzen, „dass, wer darbey stehet, erschricket.“[1]) Ausserdem finden sich derartige Quellen sowohl an Orten, wo der Schnee zeitweise schmilzt, als an Stellen, wo er dauernd liegen bleibt. Scheuchzer nimmt daher seine Zuflucht zu im Innern der Berge befindlichen „grossen Wassergehaltern“, „Hydrophylacia“, und meint, dass aus diesen, wenn sie im Frühjahre teils von dem aufgelösten Schneewasser, teils von unten aufsteigenden und oben unter den Schnee- und Eismassen kondensierten Wasserdämpfen oder auch von dem Abfluss eines durch Schneewasser gebildeten Sees gespeist werden, sich vom Mai an Wasser ergiesse und zwar so lange, als die erwähnten Faktoren wirksam sind. Ist nun die Ergussöffnung eines solchen Wasserreservoirs mit Sand oder Steinen verstopft, so dass das Wasser in demselben eine bedeutende Höhe erreicht, oder strömt mehr Wasser in dasselbe, als wieder abfliessen kann, so sprudelt die Quelle mit einer besonderen Gewalt hervor, wie man dies bei den erwähnten „Gorbsbächen“ beobachten kann. Daraus erklärt sich nach Scheuchzer unschwer,

---

[1]) B. N. G. II. p. 107. Das Geräusch wird dadurch verursacht, dass beim ersten Hervorquellen des Wassers die Luft mit Heftigkeit aus den Kanälen hinausgetrieben wird.

warum die Maibrunnen bald früher zum Vorschein kommen und sich demgemäss auch wieder früher verlieren, bald später zu fliessen beginnen und dann bis in den Winter hinein, ja selbst den ganzen Winter hindurch andauern.

Nicht minder merkwürdig als diese Maibrunnen erscheinen die von Scheuchzer als „fontes periodici" oder „temporarii" bezeichneten Quellen, „so nur zu gewissen Zeiten, Monaten, Tage oder Stunden fliessen."[1]) Unter diesen ist der weitaus interessanteste und „in seiner Art wohl einzig dastehende"[2]) der „Engstler-Brunn", „Fons Engstlanus", im Haslithal,[3]) zu dem Scheuchzer sein unermüdlicher Forschungseifer zweimal geführt hat, ohne dass es ihm indes glückte, denselben fliessen zu sehen, weshalb er sich über die verschiedenen Erscheinungen dieser Quelle vorzugsweise aus den Berichten glaubwürdiger Augenzeugen, namentlich eines in der Nähe wohnenden Sennen, informieren musste, wenn er sich nicht mit den oft märchenhaften Schilderungen schweizerischer Schriftsteller begnügen wollte.[4]) Auf Grund dieser in sorgfältigster Weise eingezogenen Erkundigungen teilt er uns mit, dass die Periodizität eine teils jährliche, teils tägliche oder stündliche sei. Der Brunnen fliesst nur von Mitte Mai bis Mitte August und kann unter diesem Gesichtspunkte in die Klasse der Maiquellen gestellt werden, unterscheidet sich aber von diesen darin, dass er nicht diese ganze Zeit hindurch ununterbrochen thätig ist, sondern gewöhnlich nur morgens ungefähr um 8 Uhr und abends um 4 Uhr und zwar — wie leicht begreiflich[5]) — stets mit vorhergehendem Geräusch. Übrigens kann bei ihm überhaupt von keiner Regelmässigkeit gesprochen werden; denn bald fliesst er die ganze Nacht hindurch bis zum Morgen, bald kommt er im

---

[1]) N. H. II. p. 124.

[2]) Itin. alp. p. 405: „cui simile in Europa vix forte occurrit." S. ähnliche Quellen b. Lersch, Hydroph., p. 105, 215 ff. Haas, Quellenkunde, p. 84.

[3]) N. H. II. p. 128 ff. Itin. alp. p. 26 u. 27. p. 404 ff.

[4]) Itin. alp. p 26: „falsa veris miscuere omnes".

[5]) Vgl. oben p. 77, n 1.

Laufe des Tages zum Vorschein; bald strömt das Wasser 3—4 Tage ununterbrochen hervor, bald sistiert der Wassererguss mehrere Tage. Die Quantität des heraüsströmenden ebenso kalten als reinen und klaren Wassers ist so bedeutend, „dass dasselbe wol eine Mühle treiben könte."[1])

Zur Erklärung dieses überraschenden Phänomens weist Scheuchzer seiner Gewohnheit gemäss auf die Lage dieser Quelle hin, die (mitten aus Gestein) auf der ebenen Fläche einer Alp hervorsprudelt, welche im N. und O. von hohen, schnee- und eisbedeckten Bergen eingeschlossen ist. Unweit davon wird der „Engstler-See" von zusammenfliessendem Gletscherwasser gespeist, der zwar eine höhere Lage als die gleichnamige Quelle einnimmt, aber bereits in dem „Engstlen-Bach" seinen Abfluss besitzt. Diese Umstände bestimmen Scheuchzer zur Annahme eines scharfsinnigen Erklärungsversuches, den der berühmte Mathematiker Jak. Hermann Scheuchzers Bruder mitgeteilt hatte, und mit dem wir unbedingt in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen müssen. Derselbe basiert auf dem bekannten Gesetze des Hebers. Durch die in den Sommermonaten wirksameren Sonnenstrahlen werden auf den anliegenden

---

[1]) N. H. II. p. 129. Itin. alp. p 404:

Sehr hübsch schildert die Quelle Rebmann, Gespräch zweier Bergen:

„Darneben ist Aengstlen gelegen
Und diefs Wasser der Aengstlisee.
Da liegt eine schöne Alp dem Veh.
Da fleusst ein Brunnen und Wässerlin
Aus Felsen in ein Gruben hin.
Der Brunn im Brachmonat fleusst an,
Sonst man kein Wasser gspüren kann.
Dann, so das Vieh auf d'Alp wird bracht,
So lauft der Brunnen an mit Macht,
Allein am Tag umb Tränkens Stund,
Darumb er des Tags nur zweimal kummt,
Am Morgen und am Abend zwar,
Darzwischen er vertrocknet gar.
Das ist dem Vieh nit unbewusst,
Darumb auf's Zeit wartet's gerust,
Bis dass der Brunnen selbst lauft an,
Sieht man das Vieh darumb her stahn.
Und so die Zeit der drei Monat
Abgelaufen und ihr Ende hat,
Dass man das Vieh treibt aus der Alp,
So ruhet dieser Brunnen bald
Und kömmt nit bis im Brachmonat"

Bergmassen grössere Mengen von Schnee zum Auflösen gebracht, das Schneewasser sickert in den Boden ein und sammelt sich in einer unterirdischen Höhle, von deren Boden aus eine natürliche röhrenförmige Öffnung in einem grösseren, nach oben konvexen Bogen ins Freie führt. Nun ist klar, dass auf diesem Wege so lange kein Wasser abfliessen kann, als dieses in dem Behälter nicht die Höhe der Krümmung des Austrittskanales erreicht hat; ist aber dies geschehen, so strömt das Wasser sofort aus und zwar so lange, bis der ganze Wasserbehälter entleert ist; dann tritt eine Pause ein, bis sich derselbe wieder mit Wasser füllt, worauf sich der gleiche Prozess wiederholt. Daher die Thatsache, dass die Quelle meist nur morgens und abends fliesst. Fällt aber eine grosse Regenmenge, so ist von selbst klar, dass der Wasserzufluss ein stärkerer ist und deshalb dieser Brunnen mehrere Tage nach einander ununterbrochen fliessen kann, indem immer soviel Wasser zuströmt als abfliesst.[1])

Auf dem gleichen Gesetze beruht nach Scheuchzer auch eine periodische Quelle am „Bürgenberg“ in Unterwalden, welche auch nur im Sommer fliesst und oft an ein und demselben Tage acht- bis zehnmal verschwindet und wieder zum Vorschein kommt.[2])

Scheuchzer berichtet auch von einem noch wenige Jahre vorher thätigen Brunnen unweit des Grindelwaldgletschers, dem „Lugibach“, „rivus mendax“,[3]) der schnell nacheinander mit Heftigkeit hervorstürzte und wieder verschwand. Ein dortiger Pfarrer, Namens Haller, hatte die Vermutung ausgesprochen, dass in dem Berge ein Felsstück nach Art eines Hebels über einem anderen ruhe und sich über letzterem als seinem Ruhepunkte bewege, wenn es auf

[1]) Über diese Hebertheorie, die bekanntlich immer noch die beste Erklärung für die Intermittenz der Quellen bietet, so sehr auch die grosse Zahl der bei ihr notwendigen Voraussetzungen ihren Wert abschwächt, und andere Erklärungsversuche s. Näheres bei Lersch, Hydroph., p. 218 ff. und Haas, Quellenk., p. 82 ff.

[2]) Itin. alp. p. 406.

[3]) Itin. alp. p 483.

der einen Seite mit Wasser beschwert werde, nach dem Weggange des Wassers aber in seine vorige Lage zurückkehre, was Scheuchzer den ganzen Vorgang treffend zu erklären schien.

Zu Remüs im unteren Engadin kennt er eine Quelle, die von 9 Uhr vormittags bis ungefähr 12 Uhr pausiert und dann mit grossem Geräusch in Thätigkeit tritt, um die ganze übrige Zeit hindurch zu fliessen.[1])

Ferner ist er verwundert über die Eigentümlichkeit eines Brunnens in den „Puschlaffergebirgen" in Graubünden, der im Winter wie im Sommer bei heftigem Regen gänzlich vertrocknet, dagegen bei trockener Witterung am stärksten fliesst.[2]) Dieselbe Erscheinung zeigt eine Quelle im „Münsterthal" in Graubünden.[3]) Allem Vermuten nach sind diese Quellen nach dem Vaucluse-Typus gebaut, wonach ihr Sammelgebiet mit ihrem Austrittspunkte nicht durch einfache Spalten und Klüfte in Verbindung steht, sondern sich zu diesen unterirdischen Kanälen noch grössere und kleinere Höhlungen hinzugesellen, welche die Gewässer erst durchlaufen müssen, ehe dieselben als Quellen hervortreten können.[4])

In die Klasse der „fontes temporarii" rechnet Scheuchzer mit Recht auch die „Hunger-Brünnen", „welche nur fliessen bey bevorstehenden theuren Zeiten, hergegen trocken bleiben bey wolfeilen Zeiten."[5]) Er hat sich die Mühe genommen, die hierin ausgesprochene Volksmeinung in Bezug auf die hervorragendste Quelle dieser Art in der Schweiz, den „Hungerbach zu Wangen"[6]) in der Nähe von Zürich, zu prüfen. Zu diesem Zwecke gibt er zunächst nach einem Berichte des dortigen Pfarrers eine chronologische

---

1) N. H. II. p. 130.
2) a. a. O.
3) ibid. p. 131.
4) Haas, Quellenkunde, p. 35.
5) N. H. II. p. 131.
6) B. N. G. II. p. 9 ff.

Darstellung des Verhaltens dieser Quelle bez. der Ergiebigkeit derselben vom Jahre 1686—1705. Daraus ersehen wir beispielsweise, dass sie vom April 1704 bis Ende Juni 1705 vollständig trocken lag, dann allmählich wieder hervorzutreten begann, im Juli, August und September trotz der vielfach andauernden Trockenheit einen ziemlich hohen Stand erreichte, bis Mitte Oktober wieder ein Abnehmen zu bemerken war und sie im Dezember völlig versiegte. Zum Vergleiche führt Scheuchzer gleichzeitig auch die Kornpreise immer an und bemerkt, dass es „zu verwundern ist, wie sint An. 1686 des Wangerbachs tröckne, und überfluss der theure und wolfeile, so in dem Zeitraum gewesen, so wol entspricht.“[1])

In der Erklärung dieses Phänomens hat Scheuchzer einen sehr glücklichen Weg eingeschlagen.[2]) Zunächst bemerkt er allgemein, dass der zeitweise zu Tage tretende Wasserreichtum dieser Quellen nur das Zeichen einer grossen Feuchtigkeit des Bodens sei, eines nassen Jahrgangs, in dem das Getreide eher verfaule als zur Reife gelange, so dass deshalb die Früchte notwendig im Werte steigen müssen. Was speziell den Hungerbrunnen zu Wangen betrifft, so ist Scheuchzer von dem erwähnten Pfarrer auf die interessante Thatsache aufmerksam gemacht worden, dass sich unweit dieser Quelle an einer höher gelegenen Stelle ein Weiher, das „Mollwissle“, befinde, der von allseits zusammenfliessendem Wasser angefüllt werde, das dann allmählich in den Boden einsickere und verschwinde. Daraus zieht Scheuchzer den Schluss, dass dieses eingesickerte Wasser „in einer schwammichten, zwischen dem Weyer, und des Bachs Quell liegenden Erden sich so lang aufhalte, und samle, bis dieselbe ganz darmit angefüllet unten herfür truke.“ Das beweisen ihm mit Recht die 1705 gemachten Beobachtungen, wo das „Mollwissle“ mit Wasser angefüllt war,

[1]) B. N. G. II. p. 12.

[2]) ibid. p. 13 u. 14.

als die Quelle trocken lag, während umgekehrt diese floss, als der Wasserstand des Weihers ein sehr geringer war. Ausserdem gewahren die Einwohner des Dorfes Wangen, dass, wenn der „Hungerbach“ viel Wasser enthält, alle anderen Quellen, deren es daselbst nicht wenige geben soll, aus ihrem Rinnsale treten.[1])

Als eine Merkwürdigkeit seltener Art erscheinen die von Scheuchzer erwähnten „Wetterpropheten“ in Gestalt von Quellen und Seen. Unter den ersteren, den „barometrischen oder Wetterbrünnen“, versteht er solche, die „durch ihre Veränderung eine Änderung des Wetters anzeigen.“[2]) Ein derartiger Brunnen soll sich nach ihm in dem Kirchhof zu St. Stephan im Kanton Bern befinden, „der bei vorstehender Wetteränderung trüb wird, als ob er mit einem Stecken wäre gerührt worden, sonsten aber hell und lauter ist.“[3]) Eine andere Quelle dieser Art findet sich zu Penford in der Grafschaft Stafford in England, wie Ploth berichtet.[4]) Von einer dritten Quelle erhielt Scheuchzer Kunde durch eine persönliche Mitteilung des Prof. Anton Vallisneri in Padua vom 1. Januar 1707, welcher im vorhergehenden Sommer eine (perennierende) Quelle im Gebiet von Modena besuchte, die nahe bevorstehendes Regenwetter durch allmähliches Trübwerden des Wassers anzeigt, „wenn man auch noch kein Wölkchen am Himmel sieht“, bei der Rückkehr von schönem Wetter dagegen wieder klar und hell hervorsprudelt.[5])

Diesen Quellen reihen sich würdig an zwei Seen, welche durch ähnliche Vorgänge die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Der eine von ihnen, der „Pascholer-See“ auf dem „unvergleichlich fruchtbaren Heintzenberg“ (clivus Hein-

---

[1]) Andere derartige Quellen s. b. Lersch, Hydroph., p. 101—102. vgl. auch Haas, Quellenk., p. 81.

[2]) N. H. II. p. 131.

[3]) a. a. O.

[4]) Nat. Hist. of Staffordshire, p. 45.

[5]) N. H. II. p. 132—133. vgl. Lersch, Hydroph., p. 148.

silianus) bei Thusis, soll „mit starkem, murmlenden gethön" sich hören lassen, „ehe ein Ungewitter dahēr komt."[1]) Die gleiche Erscheinung soll an dem See „Calandari" im Gebiet von Schams wahrgenommen werden, einem sehr kleinen, aber „unergründlich tiefen" Wasserbecken, mit einem Zufluss, aber ohne Abfluss. Wenn ein Unwetter im Anzuge ist, so bildet sich mitten im See ein mächtiger Wirbel, welcher „in zunemmendem wachsen so stark brület, dass man ihn von einem Berg zum andern, wol 6 stund weit hören kan."[2])

Die Ursache dieser seltsamen Erscheinung sucht Scheuchzer im Gegensatz zu anderen phantastischen Erklärungen, z. B. eines Cardanus, wohl nicht mit Unrecht in der — durch Verminderung des Luftdruckes herbeigeführten — Störung des Gleichgewichtes zwischen der im Inneren der Erde befindlichen und der auf der Oberfläche aufliegenden Luftmasse.[3]) Wenn nämlich, wie er bemerkt, ein Gewitter bevorsteht, so erfolgt eine starke Ausdehnung und Lockerung der äusseren Luftsphäre, wodurch die dichtere Höhlenluft die Tendenz erhält, nach aussen hervorzubrechen, wie man das an den Windlöchern beobachten kann.[4]) Hiebei kann sie leicht ihren Weg durch gewundene oder spiralförmige Kanäle zu nehmen gezwungen sein, die in den See selbst münden, so dass die Luft zunächst in diesen subterranen Gängen ein grosses Geräusch verursacht, dann aber in den See eindringt, in diesem eine wirbelnde Bewegung und sogar eine Anschwellung hervorruft und zuletzt mit mächtigem, weithin hörbarem Getöse das Wasser durchbricht. Die „Wetterbrunnen" müssen nach ihm eine „luckere, schwammichte, oder sonst porose Erde" haben, „durch deren Löchlein die bey bevorstehender Wetteränderung stärkere innere Lufft leicht könne hervortringen und selbs die irrdischen Theil in die Höhe treiben, welche dann das Wasser trüb machen."[5])

---

[1]) B. N. G. I. p. 170. Itin. alp. p. 92.
[2]) B. N. G. I. p. 171. Itin. alp. p. 92. vgl. N. H. II. p. 29.
[3]) B. N. G. I. p. 173—174. Itin. alp. p. 94—95 (mit Zeichnung).
[4]) s. p. 55—57.
[5]) N. H. II. p. 132.

Auch der Genfersee hat seine Merkwürdigkeit. Scheuchzer berichtet uns, dass in demselben zuweilen bei ruhiger Atmosphäre grosse, den Schiffen gefährliche Bewegungen entstehen, und zwar nach der Aussage der Anwohner durch einen unterirdischen, durch den See hervorbrechenden Wind, den sie „la Vaudaise“ oder „Vaudaire“ nennen.[1] Sie sind wahrscheinlich identisch mit den sog. Seiches, stehenden Wasserschwingungen, bezüglich deren Forel endgiltig nachgewiesen hat, dass Luftdruckschwankungen sich in diesen rhythmischen Schwankungen des Seeniveaus sozusagen widerspiegeln.[2]

[1] N. H. II. p. 49.

[2] Forel, Le Léman, (2. Band), Basel-Genf-Lyon. 1895.

IX. Lawinen und Gletscher.

Unter „Lauwinen“, „labinae“,[1]) welche Bezeichnung Scheuchzer mit Simler[2]) herleitet von dem rhätischen Worte „Lavigne“ bez. dem lateinischen „labi“, versteht er „eine grosse menge Schnee, der von hohen Bergen in die angelegene Thäler herunter fallet“. Er will sie wohl unterschieden haben von den „Schneegeweheten“, „nix cumulata vento“, einer Schneemasse, die senkrecht von den Bäumen, Felsen oder Dächern, von denen sie herabhing, herunterstürzt, während die Lawine „dem Berg nach abschlipfet, und sich in ein grosse Ballen zusamen rollet“.

Scheuchzer kennt vornehmlich zwei Arten von Lawinen, nämlich die „Windlauwinen“ und die „Schloss- und Schlaglauwinen“. Die erstere Gattung erhält ihren Namen teils von der Ursache, nämlich dem Winde, der den frisch gefallenen Schnee an hohen Stellen in Bewegung setzt und zum Absturz veranlasst, teils von ihren Wirkungen, indem sie gleich einem Winde einherfährt und in diesem rapiden Fortschreiten eine derart mächtige Bewegung der Luft erregt, dass schon auf grössere Entfernungen alles niedergeworfen, die grössten Tannenbäume entzwei gebrochen, Häuser und Ställe zerschmettert und Menschen und Tiere erstickt werden. Sie werden nach Scheuchzer auch „Staublauwinen“ genannt, weil sie aus feinem Schneestaube bestehen und alles, was ihnen in den Weg kommt, damit bedecken und einhüllen, während wieder andere sie „Schneelauwinen κατ' ἐξοχήν“ nennen, weil sie aus reinem Schnee zusammengesetzt sind. Dadurch dass sie mit

---

[1]) B. N. G. I. p. 147 ff. Itin. alp. p. 220 ff.

[2]) De Alpibus, p. 113.

furchtbarer Schnelligkeit den Weg zum Thale nehmen und durch den Wind bald nach rechts, bald nach links abgelenkt werden, und man ihnen daher nur schwer auszuweichen vermag, sind sie gefährlicher als die zweite Gattung, gewähren aber infolge ihrer lockreren Konsistenz eher die Möglichkeit, sich aus ihnen wieder herauszuarbeiten oder wenigstens weniger rasch dem Erstickungstode zu verfallen.

Die zweite Gattung führt den Namen „Schloss- und Schlaglauwinen", weil diese Schneemassen nicht so fast durch Erregung eines gewaltigen Luftdruckes als vielmehr durch die eigene Schwere alles, was sie auf ihrer Bahn antreffen, zu Boden strecken und vernichten, und weil sie nicht bloss aus altem, fest zusammengepresstem Schnee bestehen, sondern auch entwurzelte Bäume, kolossale Felsen und Steinblöcke und grosse Mengen von Erde mitführen. Der Niedergang dieser Lawinen pflegt ein donnerähnliches Getöse hervorzurufen und Berg und Thal zu erschüttern. Insoferne alles Lebende, das in den Bereich ihrer Gewalt kommt, unrettbar verloren ist, erweist sich diese Gattung gefährlicher als die erstere, allein von einem anderen Gesichtspunkte aus betrachtet bieten diese Lawinen wieder ungleich weniger Gefahr, indem sie nämlich eine geringere Geschwindigkeit besitzen und keinen so breiten Raum einnehmen, so dass man ihnen, wenn sie rechtzeitig bemerkt werden, ohne Schwierigkeit ausweichen kann.

Als „causa efficiens" der Lawinen erscheint nach Scheuchzer all das, was in irgend einer Hinsicht geeignet ist, unmittelbar oder mittelbar (durch die Luft) die auf den Abhängen der Berge ruhenden Schneemassen in Bewegung zu setzen und zum Absturz zu veranlassen; so der bewegliche frisch gefallene Schnee, herabrollende Steine und Felstrümmer, Winde, „Schneegeweheten", alle Arten von Schallwirkungen, der Regen, die Frühlingswärme, die Gemsen und Schneehühner u. a. Durch die leiseste Bewegung kann eine gefahrdrohende Schneemasse ins Rollen gebracht werden, die rasch riesige Dimensionen annimmt und mit furchtbarer

Wucht, zuletzt nur mehr gleitend — Schneeströme —, alles, was ihr in den Weg tritt, mit sich fortreisst und an den Fuss des Berges trägt, wo sie oft gewaltige Flächen bedeckt und das ganze Jahr nicht vollständig zum Schmelzen gebracht werden kann.

Während Scheuchzer in der Abhandlung über die Lawinen im wesentlichen Simler und Rebmann folgt, hat er in der Darstellung des grossartigen **Gletscherphänomens**,[1]) wie in so vielen anderen Fragen der physischen Geographie, ganz neue Gesichtspunkte aufgestellt und im eigentlichen Sinne des Wortes bahnbrechend gewirkt, indem er dasselbe zuerst in die wissenschaftliche Betrachtungsweise einführte, so dass ihn Günther sehr zutreffend den Vater der ganzen Lehre von den Gletschern nennt.[2])

Zur Bezeichnung dieser eigenartigen Zierden des Hochgebirges kennt Scheuchzer zwei Namen: „Glettscher“ und „Firn“; der erstere, von dem er mit Simler mutmasst, dass er sich aus dem lateinischen Wort „glacies“ gebildet habe, während sein Zeitgenosse Joh. Heinr. Hottinger,[3]) der Verfasser der in den Msc. Nat. Cur. 1703 erschienenen und von Scheuchzer stark benützten „Montium glacialium helveticorum descriptio“, dieses Wort auf die germanische Wurzel „Glas“ zurückzuführen versucht, wird nur für das wirkliche Gletschereis gebraucht, während der letztere, wie das bereits Simler betont hatte, eine doppelte Bedeutung zulässt. Im Gegensatz zum frischgefallenen Schnee bezeichnet man — wohl ursprünglich — mit dem Begriffe „Firn“ einen „alten verlegenen Schnee“[4]), „inveteratas nives“,[5]) wie man in der Schweiz einen „jährigen“ Wein „Firnen, fern-

[1]) Itin. alp. p. 280 ff. B. N. G. III. p. 102 ff.
[2]) Lehrb. d. Geoph., II., p. 551.
[3]) Studer, Gesch. etc., p. 207—208.
[4]) B. N. G. III. p. 107.
[5]) Itin. alp. p. 284.

drigen Wein"[1]) nennt. Dieser als Firn bezeichnete Schnee ist hart und teilweise gefroren, erscheint aber immer noch als Schnee. Indessen werden, wie Scheuchzer bemerkt, in Wirklichkeit an den meisten Orten die Begriffe „Firn" und „Glettscher" konfundiert. So kennt er in Engelberg eine Alp, die nach den dort lagernden Eismassen gewöhnlich das „Firnalpelin" genannt wird.[2])

Von untergeordneter Bedeutung ist, was Scheuchzer über die regionale Lage der Gletscher bemerkt. Er findet sie begreiflicherweise nur an solchen Stellen, welche von den auflösenden Strahlen der Sonne stets oder wenigstens den grössten Teil des Tages unberührt bleiben, oder die eine derart bedeutende Seehöhe aufweisen, dass die Eismassen von denselben nicht mehr geschmolzen werden können. Meistens nämlich erblickt man sie, wie er das in Engelberg und an anderen Orten sorgfältig beobachtet hat, auf jenem Abhange des Berges, welcher dem Norden zugekehrt ist. Die Ursache dieser Erscheinung erkläre sich leicht aus der Thatsache, dass der dem genannten Abhang gegenüberliegende und den Sonnenstrahlen ausgesetzte Teil des Berges weder Eis noch Schnee besitze.

Während er, wie er selbst bemerkt, über Dimension, Höhe, Länge, Form und Gestalt der Gletscher keine bestimmten Angaben machen kann, da diese nach der Verschiedenheit der Lage, dem Hinzutritt von Wärme oder Kälte, ebenso der Höhe der Berge selbst, von denen sie

---

[1]) B. N. G. III. p. 107. vgl. got. fairneis adi. alt, ahd. firni, ferni adi. alt, mhd. virne adi., vërne, vërn, vërnet, vërt, vërnent, vërnt adv. im vorigen Jahre, bayer. fern, ferden, ferdin, ferd adv. im vorigen Jahre, ferd-ig adi. vorjährig.

[2]) Als synonym gebraucht diese Bezeichnungen beispielsweise auch Rebmann, Gespräch von Bergen, p. 130:

„Vil Berg hand alten Schnee wie
Eyss,
Deren das Volk warnimt mit fleiss,
Und nennet es Firn, der so gar
hert,
Und wie Crystall lauter er dert
Gsamlet auf etlich tausend Jar,
In denen er erhartet gar
Gestocket, und nimmer zergath,
Gleich einem harten Stein bestaht.
Vom Volk wird er auch Glettscher
genant."

herabsteigen, stets wechseln, weist er mit Recht als auf eine Merkwürdigkeit auf die Schichtung der Gletscher hin, die „in forma stratorum, lagerweise, in die Höhe wachsen". Dieselbe wurde zuerst von dem kurz vorher erwähnten Hottinger entdeckt, dessen Ausführungen über diesen Gegenstand ersterer wörtlich wiedergibt.[1]) Während Scheuchzer annimmt, dass diese Schichtung in der Weise erfolgt, dass der im Laufe des Winters auf den Gletscher gefallene Schnee bei Beginn des Frühjahrs zunächst schmilzt und dann sich in Eis verwandelt, wobei die Fremdkörper sich auf den Boden dieser neuen Schichte senken und ein dunkles Band bilden, das mit den übrigen parallel läuft, macht Hottinger in seinen hieraufbezüglichen Erörterungen geltend, dass diese Schichten, deren an manchen Gletschern oft 7–9 wahrgenommen werden, folgende Entstehungsursache haben. Nach dem Abzug des Winters und dem Rückgang des Schnees von den benachbarten Bergen infolge schwerer Regengüsse wird die Erde von diesen ausgewaschen, der in unmittelbarer Nähe gelegene Gletscher von jenem mit Erde vermischten Regenwasser auf seiner ganzen Oberfläche überschwemmt, wobei die Erdbestandteile sich daselbst festsetzen und einigermassen in das Eis eindringen. Bei der Wiederkehr des Winters wird der Gletscher mit neuem Schnee bedeckt, der hernach sich in Eis verwandelt und schliesslich von einer neuen Kruste bedeckt wird, ein Prozess, der sich jedes Jahr wiederholt.

Es ist zweifellos, dass diese Schichtung von sich folgenden Schneefällen herzuleiten ist, allein in einem anderen Sinne, als Scheuchzer und Hottinger sich den Vorgang zurechtlegen. Nur jene Schneeschichten, welche oberhalb der Firnlinie sich bilden, sind als Ursache der Schichtung zu betrachten, die „im Firn deutlich, im Gletscher besonders noch angedeutet ist durch Staub und Sand führende und auch durch in der Vereisung ungleich vorgeschrittene Lagen".[2])

---

[1]) Itin. alp. p. 286–287.

[2]) Heim, Handbuch der Gletscherkunde, p. 129.

„Der Schnee dagegen, der im Winter auf den Eisstrom unterhalb der Firnlinie fällt, schmilzt von dessen Oberfläche ab wie vom umgebenden Boden, nur etwas langsamer. Er kann dabei firnartig werden. Lawinenkegel, welche auf dem Gletscherrücken ruhig liegend thalwärts getragen werden, wandeln sich in Firn und selbst in Firneis um; niemals aber verschmelzen sie, Gletschereis bildend, mit dem Gletscher, sie bleiben stets als fremde Auflagerung abgetrennt. Nur indirekt durch infiltrierendes Schmelzwasser beteiligt sich auflagernder Schnee an der Eisbildung des Eisstromes." [1]. Die Lage dieser Schichten ist keineswegs als eine durchaus gleichmässig horizontale aufzufassen; sie können vielmehr mit der Entfernung von der Firnmulde die verschiedensten Formen annehmen, ohne dass es jedoch nach Heim bisher möglich geworden wäre, die wirkliche Schichtung des Firnes in ihrem Verlauf durch den ganzen Gletscher zu verfolgen. Sie ist zu undeutlich und verwischt geworden durch die vielen Metamorphosen, welche die Masse erlitten hat.[2])

Bezüglich der physikalischen Beschaffenheit des Gletschereises hält Scheuchzer im Gegensatz zu jenen, die meinten, dasselbe verwandle sich mit zunehmender Härte zuletzt in Stein, woher der damals noch allgemein verbreitete Wahn entstand, dass die Krystalle sich aus Eis entwickelt hätten, an der Auffassung fest, dass die Gletscher nicht bloss ein wirkliches Eis darstellen, sondern auch stets in diesem Zustande verbleiben, wenn er auch das Zugeständnis macht, dass dieses Eis härter sei als ein anderes und demnach auch langsamer sich in Wasser auflöse. Dass das Gletschereis nichts anderes als eine Summe von wunderbar aneinandergefügten, nur durch feine Kapillarspalten geschiedenen polyedrischen Gletscherkörnern in der Form einachsiger Krystalle darstellt, die allmählich an die Stelle der ehemaligen runden, durch Eiszement verbundenen Firnkörner getreten sind, hat

[1]) ibid. p. 112.
[2]) ibid. p. 131.

Scheuchzer bei dem damaligen Stande der durch ihn erst angeregten Forschungen begreiflicherweise ebenso wenig erkannt als die Thatsache, dass für die Härte des Eises die Temperatur desselben den Masstab liefert, das bei sehr grosser Kälte hart wie Glas wird und beispielsweise bei — 50° C. kaum mehr von der besten Feile angegriffen wird und gepresst unter heftigem Knall in schneidende pulverige Splitter zerspringt.[1])

Wenn Scheuchzer dem Gletschereise eine grössere Reinheit von Fremdkörpern zuschreibt als dem gewöhnlichen Eise, so werden wir ihm ohne Bedenken beipflichten; dagegen geht er entschieden zu weit, wenn er mit Simler annimmt, dass es absolut keine fremden Beimengungen und Unreinheiten dulde, sondern im Laufe langer Zeiträume Sand, Erde, Steine u. s. w. derart vollkommen ausscheide, dass es wie Krystall glänze. Heim sagt hierüber: „Im scheinbar reinsten, klarsten Gletschereise fanden Agassiz und Escher im Liter noch wenigstens $2^1/_2$ g = $^1/_{400}$ feinen, kieseligen Sand und Staub.“[2])

Dass die Gletscher nicht eine unbewegliche, stets den gleichen Standpunkt einnehmende Eismasse bilden, sondern analog den Strömen eine Fortbewegung in der Richtung des Bettes zeigen, hat Scheuchzer ebensowohl erkannt als die dadurch verursachte und bedingte Spaltenbildung („rimas agere“).[3]) Was zunächst diese anlangt, so erklärt er sie allerdings einerseits als Folge des Fortschiebens der Eismasse, wodurch „die Eisberge . . . . . mit grossem Knall zerspalten, und tieffe Schrunden werffen“,[4]) so dass die Erde zu zittern und die Berge selbst einzustürzen scheinen, andererseits aber glaubt er in etwas naiver Weise noch eine zweite eigentümliche Entstehungsursache festhalten zu müssen. Wenn nämlich, so deduziert

[1]) Heim, Handb. etc., p. 286.
[2]) ibid. p. 117.
[3]) Itin. alp. p. 288.
[4]) B. N. G. III. p. 110.

er, in der warmen Jahreszeit oder überhaupt bei einem Witterungswechsel die äussere, auf der Erde aufliegende Luftsphäre sich stark ausdehnt und so an Widerstandskraft verliert, so beginnt die in den Bläschen des Gletschereises, mit denen dieses ganz durchsetzt ist,[1]) und die man „darinn häuffig auch mit Augen sehen" kann, eingeschlossene und komprimierte Luft ihre „Aussdehn Kraft", „vis elastica", auszuüben, und zwar mit um so stärkerer Gewalt, je schwächer der Gegendruck der äusseren Luft ist. Diese Expansion der Bläschenluft kann aber nicht erfolgen, ohne dass die Eismassen „unter erschröcklichem Knall" („cum fremitu et sonitu") gespalten werden, der um so stärker erscheint, je mächtiger die zu trennende Eismasse ist. Diese eigentümliche Anschauungsweise kann natürlich in keiner Weise festgehalten werden, vielmehr erklärt sich die Spaltenbildung einzig und allein aus der Fortbewegung des Gletschers, die für die verschiedenen Arten von Spalten auch in verschiedener Weise zur Geltung kommt. Die Randspalten sind bedingt durch die raschere Bewegung des Gletschers in der Mitte, welche bei dieser Wirkung wesentlich von Vorsprüngen der Thalwand unterstützt wird, die mächtigen Querspalten sind die Folge eines Longitudinalzuges im Eise, der eintritt, wenn der Gletscher über ein nach oben gerichtetes Knie im Thalbette herabsteigt, die Längsspalten endlich treten auf bei Vergrösserung des Querschnittes des Gletscherbettes, bez. bei Abnahme des Gletschers nach unten durch Abschmelzen, wenn keine Verengerung des einschliessenden Hohlraumes eintritt. Das von Scheuchzer erwähnte Getöse bei der Bildung derartiger Spalten muss in nachfolgender Weise nach Heim modifiziert werden: „Man hört plötzlich ein teils dumpf krachendes, teils klingendes Getöse, das Eis erzittert wie von einem schwachen Erdbeben. Oft ist der Ton mehr kurz wie ein Pistolenknall, und in wenigen Sekunden tritt wieder Ruhe ein, oft aber hört man das tiefsingende Getöse,

[1]) Itin. alp. p. 288: „Notandum ὡς ἐν παρόδῳ montanam nostram glaciem bullulis esse refertissimam".

von einigem schärferen Knallen unterbrochen, mehrere Minuten, sogar eine Stunde lang[1]."

Ungleich wichtiger als die bisherigen Erörterungen über die Gletscher ist die Theorie Scheuchzers über die Fortbewegung derselben. Um die Thatsächlichkeit derselben festzustellen, wies er darauf hin, wie die Gletscher von Jahr zu Jahr sich vergrössern und ihre Grenzen immer weiter vorschieben, machte er namentlich darauf aufmerksam, wie der Untergrindelwaldgletscher die Petronellenkapelle zerstörte, ebenso die in seiner Thalrichtung gelegenen Weiden verheerte, Bäume, Ställe und Hütten und verschiedenes Gerölle vor sich herstiess. Angesichts dieser unleugbaren Thatsachen suchte Scheuchzer die Ursache einer derartigen, des Rätselhaften genug bietenden Bewegung zu ergründen. Ihm eignet das hohe Verdienst, in wenn auch noch rohen Formen die erste Theorie hierüber aufgestellt zu haben, die, wie Günther bemerkt[2], dieses Namens wirklich würdig ist; und seit ihm ist die theoretische Spekulation über Wesen und Ursache der Gletscherbewegung eine dauernde geblieben, und zahlreiche Hypothesen haben einander abgelöst[3]. Indem, belehrt uns Scheuchzer, das über den Rücken der Gletscher herabfliessende und in den Spalten und Lücken des Eises sich sammelnde Wasser, wenn es gefriert, notwendig einen grösseren Raum erfordert, übt es nach allen Seiten hin einen Druck aus und stösst jenen Teil des Gletschers, welcher der freien Luft oder abschüssigen Stellen zugekehrt ist, mit grosser Gewalt fort und zugleich mit dem Eise Sand, Steine und selbst grössere Felsstücke, wodurch sich überdies die ausnehmende Reinigung des Eises erklären und leicht begreifen lässt[4]. Diese Dilatationstheorie, welche in neuerer Zeit in allerdings verfeinerter Gestalt zum Teil wieder aufgenommen

---

[1]) Heim, Handb. etc., p. 201.
[2]) Lehrbuch der physik. Geographie, p. 385.
[3]) Günther, Geophysik, II. Bd., p. 550.
[4]) Itin. alp. p. 288.

worden ist, leidet vor allem an dem Fehler, dass sie den ganzen Vorgang viel zu einfach fasst. Heim betont in der Widerlegung derselben mit Recht, dass jenes Wachstum des Gletschers doch nicht einzig und allein in der Longitudinalrichtung sich sicht- und fühlbar machen könnte[1]). Sie hat nach vielen Metamorphosen in den letzten Dezennien namentlich durch Forel eine starke Modifikation in der Weise erfahren, dass dieser die Bewegungsursache der Gletscher nicht in eine Expansion des gefrierenden Wassers setzt, sondern in das allmähliche Wachsen der Gletscherkörner durch Ankrystallisieren von Infiltrationswasser[2]); übrigens hat auch diese scharfsinnige Hypothese einen vernichtenden Stoss erhalten durch die von Schlagintweit und von Forel selbst auf Grund sorgfältig ausgeführter Infiltrationsversuche festgestellte Thatsache, dass nur die Haarspalten der äussersten Gletscherschichten für Infiltrationen allgemein wegsam sind, während schon in geringer Tiefe die Infiltration aufhört.[3])

Als ausschliesslich massgebender Faktor in der Bewegung der Gletscher hat sich nach den neuesten Forschungen und Versuchen die Schwere herausgestellt[4]), welche das als dickflüssige Masse zu betrachtende Gletschereis thalabwärts schiebt. So hat Thomson die wertvolle Theorie aufgestellt, dass durch Druck partielle Verflüssigungen im Eise eintreten, wobei das so entstandene Wasser sich in die benachbarten Gletscherteile quetscht und die thalaufwärts gelegenen Eismassen um den Betrag dieser Volumverminderung gleitend nachrücken. Die Blaublätterstruktur sowie die mit dem Fortschreiten des Gletschers zunehmende Verdichtung des Eises erscheint als eine Folge dieses Prozesses. Als weitere Wirkung der Schwere erkannte bereits Rendu die Plasti-

[1]) Heim, Handbuch, p. 292.

[2]) Forel, Le grain du glacier, Arch. des sciences phys. et nat. de Genève, tome VII., p. 329 ff.

[3]) Heim, Handbuch, p. 337.

[4]) ibid. p. 305 ff.

zität des Gletschers, bis einerseits Pfaff und Bianconi durch eine Anzahl von Versuchsvariationen in überzeugender Weise feststellten, dass langsam, mässig und anhaltend wirkenden Kräften gegenüber das Eis sich plastisch biegsam verhält unter der Voraussetzung, dass die Temperatur des Eises und der Umgebung nahe dem Schmelzpunkte liegt, andererseits Helmholtz und Heim aus mehrfachen Experimenten und Beobachtungen erschlossen, dass die — im Gegensatz zur vorhergehenden — durch innere Zerteilungen im Bunde mit der konstant wirkenden, von Faraday entdeckten Regelation bedingte Plastizität wesentlich durch die Kornstruktur des Gletschers gefördert erscheint und diese somit das Fliessen desselben in hervorragendem Masse beeinflusst. Als Endergebnis der Forschungen der letzten Dezennien erhalten wir demnach die Schwere des Eises als die treibende Kraft, das Gletscherkorn als die vorherrschende mechanische Einheit der Bewegung; es verhält sich zum Gletscher, wie ein Molekül Wasser zum Strome. Endlich ist noch die bereits von Saussure als Folge der Schwere erkannte Gleitbewegung des Gletschers zu erwähnen, die aber selbstredend nur als ein Teil der Gesamtbewegung aufzufassen ist und wesentlich von der Neigung des Gletscherbettes, der Tiefe der Lage, der Mächtigkeit des Gletschers abhängig erscheint.

X. Morphologie. — Beziehung des Bodens zu seinen Bewohnern.

Unter den zahlreichen Faktoren, welche die wechselvolle Gestalt der Erdoberfläche bedingen, finden in den Schriften Scheuchzers fast nur die grossen Katastrophen der Bergstürze eine nähere Berücksichtigung,[1]) da sie ihres oft einschneidenden Einflusses auf das Landschaftsgepräge und vor allem ihrer verheerenden Wirkungen halber mehr denn alle anderen geeignet waren, die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. „Bergfälle, Bergschlipfen, Bergbrüche, montium casus"[2]) sind nach ihm gegeben, „wenn ein ganzer Berg oder ein Teil desselben ein- oder von der Höhe hinunterfällt". Über die Ursachen derselben äussert er sich folgendermassen: „Etwan werden die Grundsäulen so schwach, dass sie den schweren aufligenden Last nicht mehr tragen mögen: etwan werden sie entwegt durch Erdbidem, oder gar in tieffe unterirrdische Krüften versenkt; oder es bleiben zwahr diese Grundsäulen, und werden nur gewisse Lager oder Seitenwände von denen Wasseren unterfressen", — eine ganz korrekte Ansicht —, „dass wiederum der obere schwere Last nicht länger bestehen kan, sondern fallen muss, und in solchem Fall Erden, Bäume, Felsen und was auf dem Weg ist, mitnimmt."

Unter den zahlreichen Bergschlipfen, die Scheuchzer uns vorführt und beschreibt, sei hier mit Rücksicht auf den Rahmen der Arbeit nur der wichtigsten in chronologischer Reihenfolge

[1]) N. H. I. p. 128 ff.

[2]) Von den Schweizern gewöhnlich „Rufi, Rufinen" genannt, ein Wort, in dem Scheuchzer den Namen „ruina" oder „rupes" wiederzufinden glaubt. (Itin. alp., p. 171.)

gedacht. Am 4. März 1584 wurde im Kanton Bern durch ein gewaltiges Erdbeben ein furchtbarer Bergsturz (der Kalkgebirge oberhalb Aigle) herbeigeführt, durch welchen das ganze Dorf Corbières und ein grosser Teil von Yvorne bedeckt und 122 Menschenleben vernichtet wurden. Die fast unglaubliche Heftigkeit desselben, der zugleich von einem donnerähnlichen Getöse begleitet war, erklärt sich zur Genüge aus der Thatsache, dass einem undurchdringlichen Rauche gleich die Schuttmassen hoch in der Luft daherfuhren und alles verdunkelten, sowie dass riesige Steinblöcke von einem Berge zum andern über mehrere „iugera" Landes geschleudert wurden.[1])

Einige Jahrzehnte später, am 4. September 1618, widerfuhr ein noch schrecklicheres Schicksal dem glänzenden und reichen[2]) Flecken Plurs (oberhalb Chiavenna im unteren Bergell), indem es durch einen furchtbaren Bergsturz plötzlich „von Grund aus", „funditus", zerstört wurde und, unter Trümmern begraben, fast spurlos von der Erdoberfläche verschwand, wobei nicht weniger als 2100 Menschen den Tod fanden (?). Teils wurde es von der Erde verschlungen,[3]) teils von dem Gerölle des auf das unglückliche Städtchen geworfenen nahen Berges Conto bedeckt, teils auch von den Fluten der Maira vernichtet, „hoc Plurium, quod olim a plorando nomen accepisse dicitur".[4])

---

[1]) Vgl. a. N. H. I. p. 84 u. 85. In klassischen latein. Versen, die indes ungedruckt geblieben sind, wurde das Ereignis beschrieben von Wolfgang Rebmann, dem Vater des Joh. Rud. Rebmann. (Studer, Gesch. etc., p. 126.)

[2]) Itin. alp. p. 106: „Pagus amplissimus, Palatiorum, Hortorum, aliorum Aedificiorum splendore vere Regius."

[3]) Falsche Anschauung Scheuchzers, dass dieser Bergsturz die Folge eines Erdbebens gewesen sei, während in Wirklichkeit lang anhaltende Regengüsse den Zusammenhang der Schichten am Conto, dessen schroff abfallender, von vielen Lavezgruben durchwühlter Nordabhang den Flecken bedrohte, lösten und so die Katastrophe herbeiführten. (Vgl. Studer, Gesch. etc., p. 166 u. 167.)

[4]) Die älteste Nachricht von diesem Ereignis scheint zu sein die von B. Anhorn verfasste und von Scheuchzer aufbewahrte „Erschröckenliche Zeitung, wie der schöne Hauptfleken Plurs . . . . in der Nacht

Im Jahre 1714 ereignete sich im „Silzopf“ (Kanton Zug) ein Bergbruch durch Senkung einer grösseren Bergmasse, wodurch infolge des mächtigen (horizontalen) Druckes der in den Boden einsinkenden Felsmassen und „genügenden Wiederstands des unteren Silrunses, auch vorüberstehenden Felsen“ kleine Hügel aufgeworfen und das Rinnsal der Sihl von grossen, aus der Erde hervorgetriebenen Steinen und Felsblöcken angefüllt wurde, so dass der Fluss sich einen neuen Weg durch das anstossende Gebiet von Zürich bahnte. Unter Erwägung aller hiebei zu Tage getretenen Erscheinungen ist Scheuchzer bezüglich der Ursache dieser Bodensenkung zu dem Schlusse gekommen, dass unter der eingestürzten Bergmasse sich ehemals eine Sandader befunden habe, die im Laufe vieler Jahre auf dem Wege der Erosion ausgewaschen wurde, sodass ein Hohlraum entstand, in welchen zuletzt die aufliegende gewaltige Erdmasse hinabsinken musste.

Im gleichen Jahre, den 23. September, stürzte plötzlich die Westseite der „gähstotzigen“ Diablerets in Wallis ein, wobei sich die Gesteinstrümmer dreissig und mehr „Ruthen“ übereinanderhäuften. Nicht weniger als vier Flüsschen, darunter die Derborence, sahen ihren Lauf teils gehemmt, teils abgeändert, so dass acht Seen sich bildeten, teilweise von „unergründlicher“ Tiefe und meergrüner Farbe. Von der Furchtbarkeit einer solchen Katastrophe bekommen wir annähernd ein Bild, wenn uns Scheuchzer berichtet, dass „der Umkreis dieses ganzen Bergfalls so gross ist, dass einer weder in die Länge noch in die Breite denselben innerhalb einer Stunde durchgehen kann.“

Auch die unwiderstehliche Erosionsgewalt des fliessenden Wassers blieb Scheuchzer keineswegs unbekannt. Bei Gelegenheit der Beschreibung des Pfäfersbades

auf den 25. Augstm. diss 1618. Jahrs mit Leuth und Gut in schneller Eil untergegangen seye.“ — Der hohe Trümmerhaufen, unter welchem Plurs begraben liegt, ist längst mit Kastanienwaldung bewachsen, die Trümmer bestehen, soviel die Vegetation zu sehen gestattet, aus Hornblendgesteinen, Chloritschiefer und Topfstein. (Studer, Gesch. etc., p. 167.)

macht er uns darauf aufmerksam, wie der wilde Taminnabach, der unterhalb Ragaz sich in den Rhein ergiesst, die harten Felswände, zwischen denen er dahinrauscht, nicht nur ausspült und glättet, sondern auch fortwährend sein Bett vertieft,[1]) wobei Scheuchzer namentlich auf Kolweck hinweist, der diesem Erosionswerke eine besondere Aufmerksamkeit widmete und in seiner Beschreibung des Pfäfersbades (p. 24) den Nachweis zu erbringen sucht, dass der erwähnte Wildbach bis zum Jahre 1631 sich 34 Klafter (259 Schuhe) tief eingefressen habe, und, indem er die Erschaffung der Welt auf das Jahr 3962 v. Chr. setzt, berechnet, dass er sich jedes Jahr um einen halben Zoll senke.[2]) Allein sowohl die Verschiedenheit des Wassers selbst wie der Zu- und Abnahme desselben sowohl an Geschwindigkeit wie an Menge lässt es Scheuchzer höchst schwierig erscheinen, auf viele Jahrhunderte nach vor- und rückwärts zu berechnen, wie tief das Wasser sich eingefressen habe, bez. einfressen werde. Denn je höher der Ort sei, von dem ein Wasser über eine „haldige" Fläche abfliesse, desto grösser dürfte infolge der grösseren Geschwindigkeit die erodierende Kraft desselben sein; je mehr dagegen ein Wasser einen Felsen nach unten aushöhle, desto mehr nähere es sich der horizontalen Linie, desto „zähmer" fliesse es deshalb, und desto geringer werde seine erodierende Gewalt.[3])

---

[1]) B. N. G. I. p. 56.

[2]) N. H. II. p. 88. Itin. alp. p. 97. Kolweck sagt ferner in der gen. Schrift, p. 69: „Dieser Bach Taminna vertieffet sich je länger und mehr durchfrisst und zertheilt das harte Gebirg entzwey — Welches gleichfals an vielen Bächen des Hohen Gebirgs in Tyrol, und anderswo, augenscheinlich, an den in hohen Felsen hinterlassnen zeichen der vor zeiten durchgeronnenen bächen, so die Berg und Felsen beederseits ausgehölert, und noch heutigs tags je mehr und tieffer abwerts fressen, welche sonst unglaubige Wasserstärcke in dem edlen Saltzgebirge bey Hall im Innthal nicht weniger zu sehen, daselbsten das in die tieffe des Gebirgs nur Kleinen theil eingelassene Wasser in eines halben Jahrs zeit eine solche höle umb sich ausfrisst, dass man zu einer wand zu der ander mit einer Mitterbüchsen zu schiessen hat." Eines der interessantesten Dokumente zur älteren Geschichte der Thalbildungslehre.

[3]) N. H. II. p. 89.

Auch am Rhone und Rhein sowie an anderen Gewässern der Schweiz hat Scheuchzer die Beobachtung gemacht, dass sie ehemals an einer höheren Stelle geflossen sind.[1]) So glaubt er die Vermutung aufstellen zu dürfen, dass das Thal, durch welches die Via mala führt, wenn es nicht überhaupt einst geschlossen war, wenigstens nach und nach von den schäumenden Wogen des Rheins perforiert worden ist. Soviel aber ist ihm gewiss und schon aus den an den Felswänden noch sichtbaren Spuren des fliessenden Wassers als ebensovielen Zeugen bewiesen, dass ehemals der Rhein durch die Via mala selbst hinabgeflossen ist, während er jetzt durch tiefe Schlünde und steile Felsenengen, die 50, 100, 200 und vielleicht noch mehr Fuss tiefer liegen, seine Fluten dahinwälzt.[2])

Oberhalb des Dorfes Unterwasen in der Nähe des Ursprungs des Rhone kann man nach Scheuchzer an dem längs dieses Flusses dahinführenden Wege die interessante Wahrnehmung machen, dass die Felsen desselben von dem Wasser ausgewaschen und gleichsam wellenartig ausgehöhlt worden sind, welches Wasser kein anderes gewesen sein könne als der Rhone, der ehemals über diesen Weg geflossen sei, jetzt aber 50 und mehr Schuhe tiefer die Furka hinabstürze.[3])

Über tektonische Seenbildung siehe Abschnitt IV, p. 36.

Der Zweck dieser Arbeit gestattet uns nicht eine eingehende Besprechung der Erörterungen Scheuchzers über den Einfluss des Bodencharakters der Schweiz auf die physische, geistige und sittliche Beschaffenheit des Volkes; immerhin aber soll das Wichtigste hier eine kurze Erwähnung finden.

---

[1]) N. H. II. p. 89.

[2]) Itin. alp. p. 96. B. N. G. I. p. 56.

[3]) B. N. G. III. p. 116. Itin. alp. p. 290 u. 291.

An die Spitze dieser Ausführungen [1]), die namentlich Leben gewinnen durch seine fast leidenschaftliche Polemik gegen jene, welche den Schweizern jede geistige Befähigung absprechen, stellt Scheuchzer mit Beziehung auf einen ähnlichen Ausspruch des Seneca den Satz, dass die Sitten der Menschen sich richten nach der Beschaffenheit des Körpers und diese im allgemeinen der Natur und dem Charakter des bewohnten Landes entspricht. Die Schweiz liegt, wie er weiter bemerkt, ungefähr in der Mitte zwischen dem Äquator und dem Nordpol und ist deshalb vor den extremen Temperaturen dieser Zonen bewahrt; ferner besitzt sie auf Grund ihrer höchsten Lage in Europa [2]) die „reinste und subtilste" Luft; diese wird deshalb auf die Blutgefässe keinen derartigen Druck ausüben wie an anderen, niedriger gelegenen Orten, demgemäss findet eine geregeltere und lebhaftere Zirkulation des Blutes sowie „aller übrigen Säften und Sinnlichen Geisteren" statt, wodurch die Gesundheit wesentlich gefördert wird und der Körper sowohl an Grösse wie an Stärke gewinnt. In einem solchen aber können „nicht wohnen tumme, ungeschikte Gemühter, sondern ins Gegentheil kluge, heitere, zu allerhand Hirn-Arbeit geschikte Gedanken". In der That seien die Bewohner der hohen Schweizergebirge gewöhnlich von kräftigem, gesundem Körperbau, wozu auch ihre Lebensweise, die schwere Arbeit und der fast ausschliessliche Genuss von Wasser, Brot, Milch und Früchten wesentlich beitrügen, wenn leider auch in der Schweiz, namentlich in den Städten, sich fremde Sitten, Nahrungs- und Genussmittel und in ihrem Gefolge naturgemäss schlimme Krankheiten vielfach eingeschlichen und eingebürgert hätten, gegen die er nicht genug zu Felde ziehen kann.

Dass die Fähigkeit der Schweizer „zu allerhand Künsten und Wissenschaften", welche er aus der oben angedeuteten

---

[1]) B. N. G. II. p. 189 ff.
[2]) Vgl. p. 29—30.

klimatischen und physikalischen Beschaffenheit des Landes und aus der „starken grösse der Helvetischen Leiber“ folgert, wirklich vorhanden ist, beweist er nun aus der klugen Staatsleitung der republikanischen Schweiz, aus der grossen Zahl von gelehrten Männern, die sie hervorgebracht, u. a. Auch auf Hippokrates[1]) beruft er sich, um zu beweisen, dass die grossen Temperaturgegensätze in gebirgigen Ländern nicht bloss gestählte und kräftige, gesunde und frische Körper, nicht bloss Arbeitsamkeit, Geduld und Unverdrossenheit bei allen Anstrengungen bewirken, sondern die Gebirgsvölker vor allem auch „sehr geschikt zu ersinn- und aussübung allerhand Künsten und Wissenschaften, und zum Krieg“ machen. In voller Wahrheit bestehe das Wort des Herzogs von Rohan[2]) zurecht, „die Schweizer seyen vor die Berge und die Berge vor die Schweizer“. Der Grösse und Stärke der Schweizer entspricht auch ihre wunderbare Tapferkeit und ihr kriegerischer Sinn, ihre Liebe zum Waffenhandwerk, die sich wieder mit der grössten Friedensliebe paart. Scheuchzer beruft sich hier namentlich auf die Geschichte, die uns wirklich eine Reihe glänzender Beispiele von Tapferkeit und patriotischer Hingebung des Schweizervolkes erzählt.

Hier sei auch noch kurz der eigentümlichen Nostalgie[3]) der Schweizer gedacht, die Scheuchzer, ohne andere Ursachen auszuschliessen, von dem Luftwechsel herleitet. Dadurch dass die Schweizer, namentlich die eigentlichen Gebirgswohner, hoch über den Gebieten des übrigen Europas leben, atmen sie eine „dünnere und subtilere“ Luft ein, die jedoch in ihren Blutgefässen dem Drucke der äusseren Luftmasse, der in dieser Höhenlage eben ein entsprechend geringerer ist, leicht das Gleichgewicht zu halten vermag. Kommt aber der Schweizer in ein fremdes Land von geringer Seehöhe, so lastet auf ihm ein bedeutend gesteigerter Luftdruck, dem die im Körper mitgebrachte Luft „wegen ihrer

[1]) De Aere, Aquis et Locis, p. 58.
[2]) Vgl. Studer, Gesch. etc., p. 159.
[3]) B. N. G. I. p. 57 ff. Aerogr. p. 26.

grösseren Dünnung" nicht genügend zu widerstehen vermag; es werden daher die „Hautzäserlein, äusserste Blut- und Spannäderlein" derart zusammengepresst, „dass der Lauff des Geblüts, und Geisteren gehemmet, jenes gegen das Herz, dise aber gegen das Hirn zurückgetriben werden". Daher die bei solchen Kranken wahrzunehmende Bangigkeit und Traurigkeit des Herzens, die sich steigernde Sehnsucht nach dem Heimatlande, der Überdruss an allem, die Abnahme der Kräfte, Fieber u. s. w., wobei häufig eine Rettung nur durch Rückkehr in die Heimat zu erwarten ist. Gewiss eine merkwürdige Erklärung für das Heimweh der Bergbewohner!

XI. Scheuchzers Karte der Schweiz.

Die zahlreichen Reisen Scheuchzers, auf welchen er fast alle Orte der Schweiz berührte, und die dadurch gewonnenen geographischen Kenntnisse liessen ihn immer mehr den Mangel guter, zuverlässiger Karten fühlen und gaben ihm die Anregung zu einer neuen, besseren Darstellung der Schweiz, die zugleich die Grundlage der von ihm in den Hauptzügen entworfenen physischen Geographie seines Heimatlandes bilden sollte. Nachdem er auf seinen jährlichen Gebirgswanderungen bereits eine Reihe von Karten und Plänen einzelner Gebiete und Orte gesammelt hatte, erschien im Jahre 1712 die „Nova Helvetiae tabula geographica" im Masstabe von ungefähr 1:230000, ein Werk, das nicht bloss Zeugnis gibt von dem tiefen Ernste, mit welchem Scheuchzer bei seinen Forschungen und Studien zu Werke ging, und von dem edlen patriotischen Streben, die allseitige Kenntnis seines Heimatlandes nach Möglichkeit zu verbreiten und zu fördern, sondern auch von dem unermüdlichen Fleisse und der staunenswerten Ausdauer, die ihn nie sein ganzes Leben hindurch verliessen und allen seinen Arbeiten ihren unverkennbaren Stempel aufdrückten. Er selbst gesteht in seiner Widmung an die Ratsherren und Bürger der Stadt Zürich, dass ihn diese Karte „wohl 18 jährige Reisen, grosse Mühe, Application und Geld gekostet, aber auch über 2000 neue Wörter und Örter mehr habe als die Gygersche, bis dahin berühmteste Schweizer Chart, eine Arbeit, welche zwar nicht ohne Fehler, doch an etlich tausend Orten corrigiert sei".[1]) Sie wurde denn auch äusserst günstig

---

[1]) Studer, Geschichte etc., p. 190.

aufgenommen, vielfach kopiert und als Grundlage neuer Karten benützt, und blieb bis ans Ende des 18. Jahrhunderts die weitaus geschätzteste Darstellung der Schweiz.

Neben seinen eigenen Vorarbeiten benützte Scheuchzer für dieses Werk die vorzügliche Karte von Gyger, welche ihm namentlich für die Darstellung des östlichen Teiles der Schweiz wertvolle Dienste leistete, sowie einzelne Publikationen von Schepf, Reyz, De Merveilleux, Fatio u. a.[1]) Es trägt natürlich noch alle Hauptmängel des damaligen kartographischen Verfahrens an sich; man vermisst auch an ihm gar häufig genaue Ortsbestimmungen und zuverlässige Höhenmessungen, namentlich aber eine auch nur annähernd befriedigende Wiedergabe der Terraingestaltung; wenn von Tschudi bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts die Gebirgszeichnung gewöhnlich in raupen- oder maulwurfshügelförmiger Gestalt erscheint, so finden wir eben auch in Scheuchzers Karte nur vereinzelte, willkürlich gestaltete Stöcke in Vogelperspektive. Was indes nach der alten Methode zu erreichen war, hat Scheuchzer erzielt, so dass seine Leistungen als Abschluss derselben betrachtet werden dürfen.[2])

Aber indem dieser geniale Mann die bisher üblichen Mängel wohl erkannte und auf die Mittel aufmerksam machte, wodurch jene gehoben und die Grundbedingungen einer zuverlässigen Karte erzielt werden könnten, hat er wesentlich der Herbeiführung einer neuen Epoche in der Kartographie vorgearbeitet. Er hatte als erstes Erfordernis eines gesunden kartographischen Fortschrittes die Notwendigkeit genauerer Ortsbestimmungen aufgestellt und zu diesem Zwecke die Aufnahme einer Anzahl Fundamentalpunkte gewünscht. Diesem Verlangen entsprach wenige Jahre nach seinem Tode die „Natur-

---

[1]) a. a. O.

[2]) Amrein, Abriss der Geschichte der schweizerischen Kartographie.

forschende Gesellschaft in Zürich", die auf Antrieb ihres Stifters Johannes Gessner die erste öffentliche Sternwarte in der Schweiz ins Leben rief. Ferner wurden die barometrischen Höhenmessungen, auf welche Scheuchzer in Ermangelung zuverlässiger trigonometrischer Ermittlungen oder gar eigentlicher Nivellments grossen Wert legte, nach und nach sicherer und häufiger in dem Grade, als teils die meteorologischen Instrumente verbessert und verbreitet, teils die hypsometrischen Formeln und Hilfstafeln zuverlässiger und bequemer wurden. So realisierten sich während des 18. Jahrhunderts allmählich die Bedingungen, die Scheuchzer als die Basis einer gesunden Entwicklung der Mappierung anzuregen versucht hatte, und mit der Vervollständigung derselben entwickelte sich Schritt für Schritt die moderne Kartographie. [1])

Rückblick.

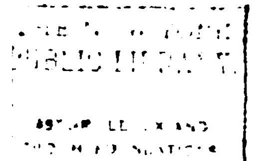
Scheuchzers Bedeutung auf dem Gebiete der physischen Geographie des Hochgebirges, auf welchem er in einer Reihe von Fragen ganz neue Bahnen eröffnet hat, kennzeichnet treffend Studer in einem an R. Wolf gerichteten Briefe, indem er sagt: „Scheuchzer gebührt der Ruhm, zuerst physikalische Instrumente, Winkelmessgradbogen, Barometer und Thermometer in unsere Alpen getragen und Erklärungen der Naturerscheinungen nach physikalischen Grundsätzen versucht zu haben. Man verdankt ihm die ersten barometrischen Höhenmessungen in unseren Gebirgen, die ersten meteorologischen Beobachtungen in der Schweiz, die ersten Versuche, das Problem der Gletscher, der Windlöcher, der periodischen Winde, der intermittierenden Quellen u. s. w. zu lösen." [2]) Fügen wir noch hinzu, dass er, ein Mann von durchdringendem Verstande und sehr glücklichem Gedächtnisse, von klarem und festem Urteile und

---

[1]) Vgl. die Schrift von Amrein.

[2]) Wolf, Biographien etc., p. 181 ff.

unerschütterlicher Wahrheitsliebe, fast alle Gebiete des damaligen Wissens beherrschte, ein gründlicher Kenner der Literatur seiner Zeit sowie jener der vorausgehenden Jahrhunderte war und mehrere fremde Sprachen geläufig sprach, so erhalten wir ein ziemlich umfassendes und zugleich abschliessendes Bild von der wissenschaftlichen Bedeutung dieser Zierde des beginnenden 18. Jahrhunderts. Die Begeisterung aber für die grossartigen Wunder der Hochgebirgswelt, die ihn immer wieder antrieb, Zeit und Kraft in rückhaltsloser Aufopferung der näheren Erforschung und Erkenntnis derselben zu widmen, hat einen mächtigen Widerhall in den nachfolgenden Generationen gefunden, und an ein glänzendes Heer von Forschern wie Saussure, Venetz, Charpentier, Agassiz, Desor, Hugi, Froebel, Heer, Tyndall, Forel, Escher, Heim u. v. a., die in seine Fussstapfen getreten sind, knüpft sich der gewaltige Aufschwung der Hochgebirgskunde, die auch jetzt noch, gestützt und getragen von dem Geiste und der Thatkraft berufener Männer, in einer fortschreitenden Entwicklung begriffen ist.



MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ELFTES STÜCK:

LEIBNIZ

IN SEINER STELLUNG ZUR TELLURISCHEN PHYSIK.

BEITRAG ZUR WÜRDIGUNG VON LEIBNIZ IN GEOPHYSIKALISCHER HINSICHT

VON

DR. FRIEDRICH SCHMÖGER.
ASSISTENT AN DER K. LUITPOLD-KREISREALSCHULE IN MÜNCHEN.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1901.

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ELFTES STÜCK:

LEIBNIZ

IN SEINER STELLUNG ZUR TELLURISCHEN PHYSIK.

BEITRAG ZUR WÜRDIGUNG VON LEIBNIZ IN GEOPHYSIKALISCHER HINSICHT

VON

DR. FRIEDRICH SCHMÖGER.
ASSISTENT AN DER K. LUITPOLD-KREISREALSCHULE IN MÜNCHEN.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1901.

LEIBNIZ

IN SEINER STELLUNG

ZUR TELLURISCHEN PHYSIK.

BEITRAG ZUR WÜRDIGUNG VON LEIBNIZ
IN GEOPHYSIKALISCHER HINSICHT

VON

FRIEDRICH SCHMÖGER.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1901.

My.

Vorwort.

Wie es vielen deutschen Gelehrten erging und noch ergeht, dass sie in ihrem Heimatlande zu wenig oder zu spät gewürdigt werden, oft erst nach einer Anregung des Auslandes[1]), so geschah es auch unserm grossen Leibniz, dem deutschen Aristoteles. Im Leben von Freund und Feind verehrt und geachtet, wurde er nach seinem Tode lange nicht genügend gewürdigt. Die Nachwelt hatte eine gute Weile von ihm teils ein falsches, teils ein unvollständiges Bild.[2]) Seine Verdienste um die Erfindung der Differentialrechnung und auf den verschiedenen anderen Gebieten wurden nur allmählich anerkannt, und zwar meist zuerst von Ausländern. So blieben auch seine vielen ungedruckten Schriften, besonders sein wichtiger Briefwechsel lange Zeit unbeachtet im Archiv von Hannover vergraben. Erst 1734 unternahm es Kortholdt, einige Briefe zu sammeln und herauszugeben; im Jahre 1749 folgte dann die Veröffentlichung der sehr beachtenswerten „Protogaea Leibnitii" durch Christ. Ludw. Scheid in Göttingen. Später machte bei uns in Deutschland vorzüglich Lessing auf die Grösse unseres Leibniz' aufmerksam; in Frankreich versuchte Dutens eine Gesamtausgabe der Leibniz'schen Werke; dieselbe blieb jedoch unvollendet. Es folgten dann im Verlaufe des 18. und 19. Jahrhunderts verschiedene Publikationen Leibniz'scher Schriften, von denen weitaus die wichtigste Sammlung die von Pertz, Klopp und Gerhardt ist.[3]) Freilich blieben

---

[1]) „Sola omnium regionum Germania in praeclaris suorummet agrorum germinibus agnoscendis et ad immortalitatem propagandis stupida et obliviscitur sui ac suorum, nisi ab exteris de propriis opibus admoneatur." Leibniz; Guhrauer, Biogr. dess., Breslau 1842, Vorr. p. XIV.

[2]) l. c. p. VI.

[3]) Pertz, I. Folge: „Histor. Schriften", Hannover 1843—47, 4 Bde.; II. Folge: „Briefwechsel mit Arnauld und dem Landgrafen Ernst

all diese Ausgaben nur Bruchstücke. Es wäre eine Ehrenaufgabe der deutschen Akademien, die Werke des Mannes, der, durch sein Universalwissen selbst eine Akademie darstellend, den Anstoss zur Gründung gerade der deutschen Akademien gab, vollständig veröffentlichen und bearbeiten zu lassen.[4])

Die Aufgabe ist gross und schwer; denn das Wissensgebiet, das Leibniz beherrscht, ist sehr umfangreich; dazu kommt, dass sich seine Gedanken so zerstreut finden, dass es meist grosse Mühe kostet, sie aus der breit angelegten, schwulstigen Ausführung auszugraben und zu verarbeiten.

Ein gut Teil der Arbeit ist wohl schon geschehen, besonders auf philosophischem, theologischem und mathematischem Gebiete. Aber in historischer, chemischer, etymologischer und geophysikalischer Hinsicht sind noch viele Detailarbeiten zu machen. Vorliegende Abhandlung will versuchen, Leibniz' Stellung zur damaligen und heutigen tellurischen Physik darzulegen und seine bedeutenden Verdienste auf geophysikalischem Gebiete zu würdigen.

Herr Dr. Siegm. Günther, o. Professor an der k. technischen Hochschule zu München, hatte die Güte, mich auf diese Arbeit und das wichtigste Quellenmaterial aufmerksam zu machen, wie auch meine Aufgabe mit Rat und That zu unterstützen. Ebenso gab mir Herr Dr. Eugen Oberhummer, a. o. Professor an der Universität München, mit der grössten Liebenswürdigkeit schätzenswerte Anregungen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen beiden hochverehrten Lehrern hiefür meinen wärmsten, herzlichsten Dank auszusprechen.

München, im September 1900.

Dr. Friedrich Schmöger.

---

von Hessen-Rheinfels", das. 1846; III. Folge: „Math. Schriften", hrsg. von Gerhardt, Berlin u. Halle 1849–62, 7 Bde.; seit 1862 von O. Klopp fortg.

[4]) Guhrauer, Vorr p. XVIII.

„Etiam, quum errat, docet; etiam, quum fallitur, utilia profert, quaeque discere iuvet."[1])

I. Leibniz' Aetherwellentheorie als Ursache der Erdbewegung.

Nachdem Coppernicus das Ptolemäische System umgestossen und das von ihm entdeckte heliozentrische aufgestellt hatte, bestimmten Kepler und Newton die Bahn der Erde und die Gesetze ihrer Bewegung. Beide liessen aber in ihren Theorien eine Lücke. Leibniz wundert sich – nicht ganz mit Recht —, dass sie nicht ernstlich versuchten, die hinter den Gesetzen liegenden Gründe, mit anderen Worten, das Mittel zu finden, das die Wirkung der Gesetze oder die Kraft von einem Körper zum anderen überträgt.

Kepler hat freilich schon die Planetenbewegung aus der Achsendrehung der Sonne ableiten wollen,[2]) er verfolgte aber leider den Gedanken nicht weiter. Newton indes nimmt der Ansicht von einem den Weltraum erfüllenden Mittel gegenüber eine eigentümliche Stellung ein. Anfangs sprach er den Körpern verborgene Eigenschaften[3]) zu oder nahm ein „Agens" an, welches einem Stoss, Antrieb oder auch einem feinen, flüssigen Stoff[4]) entsprungen sei, und wodurch die Attraktion bewirkt werden sollte. Später, von Whiston des Zurückgreifens auf die Cartesianischen Wirbel beschuldigt, liess er in der ersten Ausgabe seiner „Philosophiae naturalis principia mathematica" jede Erklärung fallen und beschränkte sich auf die Annahme einer Fernwirkung im leeren Raum, indem er die Hypothese Leibniz' als

---

[1]) Kortholdt, epist. ad diversos, Vorr., p. 2.

[2]) S. Günther, Kepler und der kosmisch-tellurische Magnetismus, Wien-Olmütz 1889.

[3]) „Une qualité attractive"; Pertz, Leibniz' math. Schr. (s. o. Vorr.) III, II, p. 141.

[4]) „Impulsus" oder „fluidum subtile"; Pertz II, Suppl., p. 126.

überflüssig bezeichnete. Er empfand jedoch den Mangel und gründet deshalb das Dasein Gottes gerade darauf, dass die Bewegung aus der Attraktion allein nicht erklärt werden könne.[1]) In der zweiten Ausgabe seiner „Principia mathematica" aber nähert er sich wieder mehr den Ideen Descartes' und Leibniz'; er sagt[2]): „Das Wort Anziehung gebrauche ich allgemein für einen jeden Konat der Körper, an einander heranzutreten, mag dieser Konat gemacht werden von der Thätigkeit der Körper, die sich gegenseitig zustreben oder durch ausgesendete Spiritus treiben, oder mag er aus der Thätigkeit des Aethers, der Luft oder irgend eines körperlichen oder unkörperlichen Mediums entstehen."

Leibniz dagegen vermied von Anfang an alle Unklarheit. Da er sich keine Fernwirkung vorstellen kann, konnte er auch nie die rein mathematische Auffassung Newtons von der Weltbewegung zur seinigen machen.[3]) Er war zu sehr Philosoph, um bei der „φύσις" stehen zu bleiben, er wollte möglichst weit in die Dinge „μετὰ φύσιν" eindringen. Er ging dabei von einer tieferen und allgemeineren Spekulation aus und wollte, wie Aristoteles, alle Naturerscheinungen von einer einzigen, universalen Bewegung ableiten.

Nach seiner Auffassung wird vom Zentralkörper, der Sonne, durch ausgesandte Wärmestrahlen der Weltenstoff, d. h. der den Weltraum füllende Aether, in Bewegung gesetzt; dieser aber ist das Mittel, welches die Bewegung auf die anderen Himmelskörper des betreffenden Systemes überträgt.[4]) Unter diesem Aether als „materia deferens" denkt sich Leibniz eine feine Flüssigkeit, eine „recht feine Luft".[5]) In einem Briefe an den bekannten französischen Jansenisten Arnauld[6])

---

[1]) Guhrauer, Biogr. Leibniz', Breslau 1842, I, p. 299.

[2]) Newton, Princip. nat. math. bei Kirchmann, René Descartes Philosoph. Werke, Berlin 1870, III. Abt. (Prinz. d. Philos.), p. 105, Anm. 98; cf. Isenkrahe, Rätsel von der Schwerkraft, Braunschweig 1879, p. 15 Anm., p. 2. Anm. 3, p. 3 ff.

[3]) Guhrauer I, p. 75.

[4]) „Matérie déférante", Pertz III, II, p. 143.

[5]) „Fluidum, aër subtilior".

[6]) Pertz II, I, p. 148.

schreibt er: „Der Stoff ist feiner als Aether, wir können ihn aber Aether nennen." Unser Autor geht dabei von Anschauungen aus, die schon vor ihm, besonders vom genialen Descartes in der geistreichsten, aber auch in sehr gekünstelter Weise ausgeführt worden waren. In seiner „Hypothesis physica nova" vom J. 1671[1]) bereits spricht Leibniz die Ansicht aus, dass alle Dinge aus flüssigen, kleinen Bläschen entstanden seien; diese Bläschen (bullae, bullulae) seien die „semina rerum", die Grundlage der Gestaltungen, aber auch die Behältnisse des Aethers. Luft und Aether unterscheiden sich dadurch, dass erstere schwer ist, letzterer durch seine Zirkulation die Ursache der Schwere bildet.

Wir sehen daraus, dafs Leibniz schon damals sich an einer Erklärung des rätselhaften Weltenstoffes, Aether genannt, versuchte, und müssen konstatieren, dass wir heutzutage, am Beginn des 20. Jh., in dieser Frage um keinen Schritt weiter sind. Es wird zwar jetzt in der Gelehrtenwelt die Existenz eines Weltäthers grossenteils angenommen,[2]) aber über die Beschaffenheit eines solchen steht noch gar nichts fest.

Wie dem auch sei, dieser von Leibniz statuierte Aether erfüllt den ganzen Weltenraum, umgibt und begrenzt alle Körper. Wie schon oben bemerkt, wird er durch die Wärmestrahlen der Sonne in Bewegung gesetzt; es entsteht dadurch eine gleichförmige, konzentrische Kreisbewegung, gerade wie wenn das Wasser durch einen hineingeworfenen Stein eine Wellenbewegung erhält. Leibniz nennt deshalb folgerichtig seine Aetherkreise auch Wirbel. Er lehnt sich damit an die „*δίνη*" des Demokrit, an den „Vortex" des Leucipp und an die „Tourbillons" des geistreichen Descartes an.

---

[1]) Pertz VI, p. 87, bei Lasswitz, Gesch. d. Atomistik, Hamburg und Leipzig 1890, II, p. 450 ff.

[2]) So sagt Helmholtz in der Vorrede zu den Prinzipien der Mechanik von Hertz, Leipzig 1894, p. XVII: „Die Lichtschwingungen sind elektrische Schwingungen in dem den Weltraum füllenden Aether"; cf. Secchi, Le Soleil, Paris 1877, II, p. 385; Isenkrahe, d. Rätsel von d. Schwerkraft, Braunschweig 1879, p. 202 ff.

Freilich setzte er sich damit in Widerspruch mit der landläufigen Anschauung; denn man hatte damals für die Cartesianische Wirbeltheorie nur ein verächtliches Achselzucken; das kennzeichnet Kirchmann in der Ausgabe der philosophischen Werke des Cartesius recht gut, indem er schreibt: „Gewöhnlich wissen die Gebildeten von der ganzen Naturlehre des Descartes nichts als diese Hypothese der Wirbel, und sie gilt ziemlich allgemein als ein verkehrter und phantastischer Einfall, der nur beweise, zu welchen Sonderbarkeiten die philosophische Spekulation verleiten könne" . . . u. s. w. „Und doch ist diese Hypothese der Wirbel" sagt Kirchmann, „einer der grossartigsten Gedanken, die je zur Erklärung des Sonnensystemes aufgestellt worden sind."[1])

Der Fehler Descartes' war, sich in zu minutiöse Ausführung über die Atome, ihre verschiedene Gestaltung, über die Wirbel, „ihre Zweige, Häkchen und Kügelchen"[2]) zu verlieren. So wurde sein System so vielfach differenziert und so kompliziert, dass es mehr Schwierigkeiten bringt als löst.[3])

Der Gedanke einer Wirbelbewegung des Weltstoffes, den Descartes und Leibniz aussprechen, ist an sich eine geniale Idee und wurde später von Kant und ausführlicher von Späteren wieder aufgenommen.[4]) Auch heutzutage werden von den Physikern Hypothesen aufgestellt, die vielfache Anklänge an die Wirbeltheorie aufweisen. So schreibt Helmholtz im Vorwort zu den Prinzipien der Mechanik von Hertz: „Er (Hertz) scheint hauptsächlich auf die Zwischenschaltung zyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen Hoffnung gesetzt zu haben;[5]) Hertz hat

---

[1]) Kirchmann, Desc. Werke, III, p. 95, Anm. 88; nur schade, dass Descartes' principia philosophiae, d. h. seine darin ausgesprochenen physikalischen Ansichten nicht besser bekannt sind.

[2]) Guhrauer I, p. 74 und Lasswitz II, p. 460.

[3]) cf. Lasswitz II, p. 117 ff.

[4]) s. Kirchmann l. c.

[5]) Hertz, Prinzip. d. Mech., Vorr. p. XX und p. 254.

sich wie englische Physiker, so Lord Kelvin in seiner Theorie der Wirbelatome und Maxwell in seiner Annahme eines Systemes von Zellen mit rotierendem Inhalt, offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt als durch die bloss allgemeinsten Darstellungen der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch das System der Differentialgleichungen der Physik gegeben werden."[1]) Hertz nennt den Vorgang: „In sich zurücklaufende, zyklische Bewegung."[2]) Auch bei der Untersuchung der Schwerkraft wurden von Vielen, besonders von Secchi[3]), ähnliche Aetherwellen- oder Aetherwirbeltheorien aufgestellt.

Der Hauptsache nach also behauptet Leibniz bereits im Jahre 1671 dasselbe, was moderne Physiker als Hypothese aufstellen. Wie schon bemerkt, lehnt er sich dabei an Cartesianische Ideen an, aber einzig den Grundzügen nach; denn er kennt die Werke Descartes' nur im allgemeinen; einen grösseren Einfluss auf die „Hypothesis physica" übte offenbar der Engländer Hobbes.[4])

Die Kreiswellenbewegung des Aethers äussert sich nach Leibniz[5]) in zweifacher Richtung: in Longitudinal- und Transversalschwingungen; der Aether wird einerseits vor den Wärmestrahlen von Ost nach West auf dem Aequator und den Parallelkreisen, andererseits zur Seite auf den Meridianen gegen die Pole zu ausgebreitet. Die Sonnenstrahlen und mit ihnen die Aetherwellen wirken auf den anfänglich homogenen Erdkörper, dessen ursprüngliche Dichtigkeit als zwischen Luft und Erde stehend, also ähnlich dem Wasser anzusehen ist, und bringen an demselben merkwürdige Veränderungen hervor.[6])

---

1) Hertz, Vorr., p. XX.

2) l. c. p. 254.

3) cf Secchi, Sonne, hrsg. von Schellen, Braunschw 1872, II. p. 629 und Isenkrahe, Rätsel von der Schwerkraft, wo die verschiedenen Theorien besprochen sind.

4) Lasswitz II, p. 449.

5) Pertz II, I, p. 148 ff.

6) Lasswitz II, p. 452.

Durch das Dazwischentreten eines relativ festen Körpers in ihrer Ausbreitung gestört, werden die Aetherkreise versuchen, das Hindernis zu entfernen; so werden sie darnach streben, den Körper vom Orte, wo er sich befindet, zu verdrängen oder ihm eine ähnliche Feinheit der Materie zu verleihen, wie sie selbst besitzen.[1]) Durch diese auf die Erde wirkenden Kräfte entstehen dann verschiedene Erscheinungen, so die Schwere,[2]) die Elastizität oder der Auftrieb,[3]) die magnetische Richtkraft,[4]) die Bewegung und die Kugelgestalt der Erde. An erster Stelle wollen wir die Erdbewegung untersuchen.

Die Bewegung der Erde ist eine zweifache: um ihre Achse und um die Sonne. Die Notwendigkeit der ersteren, der Achsendrehung der Erde, leitet Leibniz[5]) von einigen philosophischen Grundgesetzen ab: es gibt keine Kohärenz, keine Körperlichkeit ohne Bewegung — „nulla cohaesio, nulla consistentia sine motu; nulla corporalitas quiescentis."[6]) „Es ist dies vielleicht der (einzige und) erste Beweis für die Bewegung der Erde", äussert sich Lasswitz.[7])

Der Grund aber für die Bewegung der Erde um die Sonne ist die Drehung eines übertragenden Aethers.[8]) An Newton schreibt Leibniz: „Ich neige dahin, dass alles durch die Bewegung eines flüssigen Mittels bewirkt oder geregelt wird nach Analogie der Schwerkraft oder des Magnetismus unserer Erde; die Materie der Erde, wie der Sonne und auch des Magnets, hat eine Form von Umdrehung oder eines Wirbels."[9]) An einer anderen Stelle spricht Leibniz

---

[1]) Pertz II, I, p. 148 ff.

[2]) „gravitas", Gravitation, Attraktion.

[3]) „elatus."

[4]) „verticitas magnetica."

[5]) Leibniz weist auch auf Gassendis Fallversuche hin; Kortholdt I, p. 238.

[6]) Pertz II, I, p. 147 und III, II, p. 130.

[7]) Lasswitz II, p. 451.

[8]) „Circulation d'un éther déférant, traiection du liquide éther"; Pertz III, I, p. 169.

[9]) Pertz III, II, p. 143 ff.

den Satz aus: „Omnia corpora, quae in fluido lineam curvam describunt, ab ipsius fluidi motu agi[1]), alle Körper, die in einer Flüssigkeit eine Kurve beschreiben, werden durch die Flüssigkeit selbst bewegt"; dabei weist er auf das anschauliche Bild eines im Flusswirbel kreisenden Holzstückes hin; und mit Recht; denn vom Zentrum weggestossen, treibt es immer wieder zurück in ewigem Wechsel.

Die Kurvenbewegung der Erde um die Sonne nennt Leibniz eine gleichmässige, parazentrische Drehung, eine „circulatio harmonica". Diese ist aus zwei Komponenten zusammengesetzt. Denn wie jeder Körper, der durch irgend eine Kraft einen Stoss erhält, auf der Tangente eines Kreises abweichen will, so würde auch unsere Erde, von den Aetherwellen angetrieben, auf einer Tangente abweichen, wenn nicht ein „Etwas" diesem Bestreben Schranken setzen würde; es ist das die aus der Aetherbewegung resultierende Schwerkraft. Es zerlegt sich demnach die Erdbewegung in zwei Komponenten: in die Schwungkraft, d. h. in das hinaustreibende Streben — „conatus excussorius" — und in die Schwer- oder Anziehungskraft — „conatus centrifugus."

Das ist die Terminologie Leibniz' in seinem gegen Newtons „Principia mathematica" gerichteten „Tentamen de motuum coelestium causis."[2]) In einem späteren Aufsatz, der auch wieder in den „Acta Lipsiensium" erschien,[3]) sucht er die etwas schwankenden und unklaren termini zu verbessern dadurch, dass er den „conatus centrifugus" auch „centriphilus", d. h. zentriphiles Streben mit Beziehung auf die Sonne nennt; im Gegensatz dazu bezeichnet er dort den „conatus excussorius" in Hinsicht auf die Erde als „conatus centrifugus" und zerlegt ihn wieder in einen „conatus tangentialis" und „arcualis". „Die beiden Konate, (bei Newton Zentrifugal- und Zentripetalkraft), liegen im Streite miteinander," sagt Leibniz; „da sie aber eine verschiedene Entfernung mit Bezug auf das Zen-

[1]) Acta Lipsiensium 1689, p. 84.
[2]) l. c. p. 82.
[3]) Acta 1706, p. 447.

trum der Erde und in Hinsicht auf die Sonne haben, sind sie verschieden gross; ihre Verschiedenheit bestimmt den Antrieb und die Richtung in der Erdbewegung zu einer Kurve um die Sonne; denn die Umlaufskraft ist durchweg grösser als das Streben, sich der Sonne zu nähern oder von ihr sich zu entfernen."

Die Erdbahn ist aber kein regelmässiger Kreis, sondern, wie Leibniz durch Beobachtung feststellt, eine Ellipse; dieselbe hat eine sehr geringe Exzentrizität, so dass sie für gewöhnlich als Kreis und die Erdbewegung als eine Kreisbewegung betrachtet werden kann. Unser Autor bestimmt auf Grund des Verhältnisses zwischen Umlaufszeit und Erdbahnradius die Erdellipse mit Hilfe der von ihm erfundenen Differentialrechnung;[1]) er kommt damit zu denselben mathematischen Gesetzen wie sein Rivale Newton[2]) und glaubt dadurch nicht bloss eine Lücke bei Newton auszufüllen, sondern sogar die „Principia mathematica" des Briten überflüssig zu machen. Nach unserer Ueberzeugung liegt zwischen den beiden grössten Mathematikern und Physikern ihrer Zeit ein Gegensatz nur in Worten und in der Ausführung, nicht in der Sache an sich vor; sie kommen beide selbständig, wie Newton in der Fluxions- und Leibniz in der Differentialrechnung, auch hier bei der Erdbewegung zu denselben Resultaten mit der einen Einschränkung, dass Newton ein Mittel, das die Bewegungen überträgt, zulässt, Leibniz aber von demselben ausgeht.

Leibniz' System hat jedoch den Vorteil, dass es verschiedene Erscheinungen, die Newton unerklärt lassen muss, auf ein einheitliches Princip zurückführt, so die Schwerkraft, den Magnetismus und verschiedene Gesetzmässigkeiten in der Planetenbewegung selbst. So schreibt er in den Acta Lips.[3]): „Das Feste wird im Flüssigen so gleichmässig kreisen, wie wenn es nur einen Anstoss und die Anziehungskraft im Leeren erleiden würde; die Bewegung des Flüssigen

---

[1]) Acta 1689, p. 91; s. unten p. 11, Anm. 1.

[2]) „Motus paracentricus planetarius ortus ex impressione excussoria circulationis et attractione Solari inter se compositis", Acta 1689, p. 87.

[3]) Acta 1706, p. 446.

dagegen wird auch von dem Festen so wenig gestört, als wenn kein Festes da wäre." „Würde man beide einzeln in Drehungen versetzen, die nicht ineinandergreifend — conspirantes — sind, so würden sie doch einmal zur übereinstimmenden, berührenden oder übertragenden Drehung kommen." Ausserdem weist auch der Umlauf der Planeten in einer Richtung und die gleichbleibende Lage der Achsen auf eine gemeinsame, die Bewegung übertragende Materie hin, was von Leibniz zuerst als Beweis angeführt wird; „denn," sagt derselbe, „abgesehen von den Aetherschwingungen, würde nichts im Wege stehen, dass sie nach allen möglichen Richtungen kreisen und in verschiedenen Kurven wandeln würden; so aber bilden die Aetherwellen zusammen mit den Planetenbahnen eine Sphärenharmonie[1]) oder den „Vortex planetarius", den Planetenwirbel, wobei der Flüssigkeitskreis eines Planeten sehr klein an Ausdehnung ist im Verhältnis zu den Kreisen des ganzen Planetensystemes".

Wenn auch die gewichtige Gegnerschaft Newtons und Huygens' viele der Zeitgenossen hinderte, offen auf die Seite von Leibniz zu treten, so blieben seine Ansichten doch nicht vereinzelt und ohne Anhänger. Von Kepler und Descartes zu schweigen, die bereits ähnliche Gedanken vor unserem Autor aussprechen, wissen wir von dem Italiener Torricelli, dass er annahm, der ganze Aetherkreis mit den Planeten schwinge durch die Bewegung der Sonne um diese, als sein Zentrum, wie Wasser in einem rotierenden Gefässe.[2]) Von Hobbes' Einfluss auf Leibniz' Ansichten haben wir oben bereits gesprochen.[3]) Besonders zu erwähnen ist aber der Beifall des englischen Professors Wallis in Oxford,[4]) der durch seinen Bericht über die „Hypothesis physica" die Londoner Sozietät zu einem günstigen Urteile veranlasste[5]), und die lobende Aeusserung Oldenbourgs, des Sekretärs der

[1]) „Sphaera harmonica", schon von Kepler so genannt.
[2]) Acta 1689, p. 83.
[3]) S. oben p. 5.
[4]) cf. Pertz III, II, p. 19.
[5]) Guhrauer 1, p. 75.

Royal Society. Um so mehr sollte in unsrer Zeit die Leibniz'sche Anschauung von der Aetherdrehung als Ursache der Planetenbewegung mehr und mehr Beachtung und Anerkennung finden. Es ist uns ja durch die Entdeckung der „Erhaltung der Kraft" von Rob. Mayer, durch die Helmholtz'sche Fassung des Energiegesetzes, durch die Begründung der „Mittelwirkung" von Faraday, Maxwell, Lord Kelvin und Hertz und durch die Untersuchungen über die Schwerkraft das Verständnis für die Hypothese von Leibniz eröffnet worden.

Ja, wir können und müssen bereits hier feststellen, dass der grosse Mann gerade durch seine Ätherwellentheorie der Vorläufer des 19. und 20. Jahrhunderts wurde.

II. Das Wesen der Schwerkraft.

Die Gravität[1]) hängt nach Leibniz' Ausführungen aufs innigste mit der Aether- und Planetenbewegung zusammen. Er sagt in der „Hypothesis": „Die wichtigste Ursache der Bewegungen und gewissermassen der Schlüssel zu ihnen ist die Schwere". Sie entsteht aus der Zirkulation des Aethers um die Erde, in der Erde und durch die Erde[2]). Die Gravitation ist eine flüssige, unsichtbare Kraft; die Körper besitzen diese Schwerkraft dadurch, dass dieselbe eine Flüssigkeit durchdringt und schwer macht, welche freilich für sich selbst keine Schwere besitzt.[3]) Noch deutlicher schreibt er an Huygens: „Ich glaube durch die zentrifugalen Kräfte eines sehr feinen Fluidums auch die Schwere erklären zu können; der Wirbel desselben ist aber nicht die erste Ursache der Anziehung oder Schwere, er überträgt dieselbe nur."[4]) Und später: „Es wird die Anziehung nicht in einem festen (leeren) Krystallhimmel

---

[1]) gravitas, Attraktion, Anziehungskraft.

[2]) bei Lasswitz II, p. 453.

[3]) „Sentio igitur corpora gravia esse pervia fluido gravifico, idque ipsum non esse grave." Pertz III, IV, p. 409.

[4]) Pertz III, II, p. 134.

wirken, sondern durch eine Art Flüssigkeitskreis, d. h. durch die Drehung einer flüssigen Materie." Leibniz geht also auch hier von den Cartesianischen Aetherwirbeln aus, wie es Huygens gethan hatte bei seiner Erklärung der Gravitation, die der Leibniz'schen sehr nahe steht.[1])

Die Schwerkraft äussert sich als Anziehungskraft in erster Linie von der Sonne aus auf die Erde und alle übrigen Planeten; und zwar wirkt die Sonne anziehend auf die Planeten in demselben Grade, als sie dieselben erleuchtet und erwärmt, d. h. im umgekehrten quadratischen Verhältnis der Entfernung. Dadurch bestimmt die Sonne die verschiedenen Drehungs- und Umlaufsgeschwindigkeiten der einzelnen Planeten, sowie auch die stetig sich gleich bleibende Richtung in der Planetenbewegung. Je weiter sich die Aetherkreiswellen von ihrem Erreger, der Sonne, entfernen, umso schwächer werden sie, und umso schwächer wird die Wärmemenge und die Bewegungskraft, welche sie den weiter entfernten Himmelskörpern mitteilen können.

Dieses Verhältnis zwischen Bahnradius und Umlaufsgeschwindigkeit benützt Leibniz, um aus der durch Beobachtung gefundenen elliptischen Erdbahn das mathematischeGesetz der Gravität abzuleiten; und zwar kommt er auf Umwegen zu demselben Ergebnis wie der grosse Newton.[2]) Denn er sagt wörtlich: „Dieses Gesetz der Schwere, verbunden mit der Uebertragung des Newton, womit meine circulatio harmonica (Aetherwirbel) übereinstimmt, gibt die Kepler'schen Ellipsen."[3])

Die Anziehungskraft geht aber nicht allein von der Sonne aus, sondern die Erde, die übrigen Planeten, die Trabanten, überhaupt alle Himmelskörper besitzen eine Schwer- oder Anziehungskraft gegen einander; alle Körper wirken auf einander[4]) und ziehen sich gegenseitig an, bezw.

---

[1]) cf. Isenkrahe, p. 90 und 213.
[2]) Acta 1706, p. 450.
[3]) Pertz III, II, p. 134.
[4]) l. c. p. 154.

stossen sich ab im Verhältnis ihrer Massen. Eine Folge davon ist, dass sie den gleichen Abstand zu einander und die gleiche Lage ihrer Achsen immer beibehalten[1]).

Unmerklich kleine Abweichungen davon kommen vor; Leibniz nennt die Ablenkung der Erdachse „aberratio". Aber auch diese kleinen Störungen[2]) entstehen durch das Einwirken der Himmelskörper auf einander, durch die gegenseitige Anziehung bezw. Abstossung, übertragen durch den bewegten Aether; wohl mögen noch verschiedene andere Ursachen mit dabei in Frage kommen, so der Widerstand, den der Aether in seiner Bewegung findet, oder die Hindernisse, welche ihm die Unregelmässigkeiten der ungleichartigen Materie entgegenbringen. Doch laufen diese Störungen nicht immer fort und vergrössern sich nicht, sondern die Abweichungen in der Achsenlage und in der Bahnkurve berichtigen sich allmählich gegenseitig, da ja, wie Leibniz so schön sagt, „alle Erdensysteme von langer Zeit vorbereitet zu sein scheinen."[3])

Wie im Weltall, dem *„μακροκόσμος"*, zwischen den einzelnen Himmelskörpern, besteht auch im *„μικροκόσμος"*, unserer Erde, zwischen den einzelnen Teilchen, eine Schwerkraft gegen den Mittelpunkt und eine gegenseitige Anziehung bezw. Abstossung. Der Zug gegen den Mittelpunkt resultiert aus dem Streben der Teilchen, gegenüber den eindringenden Aetherwellen und gegenüber der Drehung durch dieselben einen möglichst geschützten Platz einzunehmen.[4]) In der Hypothesis[5]) erklärt Leibniz das noch des weiteren. Die Gesamtoberfläche der Erde kann nämlich anfänglich nicht kohärent gewesen sein; nur die Teile konnten eine übereinstimmende Bewegung haben, welche auf den gleichen Parallelkreisen liegen. Zwischen den einzelnen aber müssen

[1]) Parallelismus der Achsen.
[2]) Eine der ersten Andeutungen über planetarische Perturbationen.
[3]) Pertz III, II, p. 154.
[4]) Pertz II, I, p. 148 ff.
[5]) Pertz VI, p. 87, bei Lasswitz II, p. 452.

sich Spalten bilden. In diese Spalten dringt der Aether hinein und wird durch die wiederholten Stösse bis zum Zentrum getrieben. Dadurch werden die einzelnen Bestandteile von oben nach unten geordnet; der eingedrungene Aether aber wird von den festeren Stoffen in Blasen (bullae) aufgefangen.

Bei dieser Einwirkung des Aethers auf die Erdteilchen wird ein Punkt in der Mitte des Erdballs besonders ausgezeichnet; die weniger bewegten Teilchen sammeln sich um ihn, die anderen, die einer schnelleren Bewegung fähig sind, suchen sich zu entfernen;[1]) so entsteht ein idealer Mittelpunkt der Erdschwere, gegen welchen alle Erdbestandteile fallen und streben; man kann diese Fallkräfte aber auch als Strahlen des Anziehungsvermögens bezeichnen und dann von einem Sitze der Anziehungskraft reden. Neben dem Erdmittelpunkte ragen auf der Erdoberfläche zwei Punkte hervor; es sind das zwei Pole, um welche sich die Stoffe der Erde, einem gewissen Zuge der Materie des grossen Sonnensystemes folgend, angeschlossen haben.[2]) Daher ist die Erde immer im Gleichgewicht, ihre Achse behält immer dieselbe Richtung bei.

Was versteht nun Leibniz unter dieser Schwer- oder Anziehungskraft, die nicht allein zwischen den einzelnen Himmelskörpern, sondern auch zwischen den einzelnen Erdteilchen wirkt? Was ist ihr Wesen? Schwerkraft ist nach ihm eine Aeusserung der durch den Aether übermittelten Wärmestrahlen der Sonne; die Gravität hängt also aufs innigste zusammen mit dem Licht und dem Magnetismus. Nur so lassen sich verschiedene Stellen bei Leibniz deuten. Z. B. sagt er einmal: „Die Gravitation ist eine unsichtbare Kraft, welche die Körper antreibt,[3]) wie die Winde das Schiff, andererseits aber auch die Körper anzieht, wie ein

---

[1]) Pertz III, II, p. 142.

[2]) l. c. p. 144.

[3]) . . . „expliquer la pésanteur par la force centrifuge d'un fluide très subtil"; l. c. p. 134.

Magnet; es gibt zwei Kräfte, die sich gut vereinigen lassen: Magnetismus und Gravität."

Die Sonne muss ja nach unserem Autor selbst als Magnet aufgefasst werden; denn „Sol—magnes",[1]) und zwar gerade durch die von ihr ausgehenden Wärmestrahlen und Aetherschwingungen. Leibniz geht soweit, dass er wörtlich sagt: „Es ist einerlei, ob man radios attractivos oder illuminantes, Anziehungs- oder Lichtstrahlen annimmt;" er behauptet ferner, was wohl zu beachten ist: „Es sind dieselben Strahlen, welche den Körper anziehen und abstossen."[2]) An einer anderen Stelle spricht er deutlich von Strahlen, welche die Körper abstossen oder hinausstossen.[3]) Aber auch die Teile der Erde ziehen sich an wie die eines Magnets;[4]) es besteht indess nicht bloss Anziehung, sondern auch Richtung wie beim Magnetismus.

Demnach ist die Schwerkraft bei Leibniz immer und überall das Spiel der anziehenden und abstossenden Kräfte, getragen von einem durch die Sonne in Schwingungen gesetzten Aether und aufs innigste der Lichtwirkung und dem Magnetismus verwandt. Konnte er in seiner Zeit, da man die Elektrizität noch wenig kannte, unserer modernen Anschauung von dem Wesen der Schwerkraft als „einer elektrisch-magnetischen Spannung eines dünnen Fluidums" näher kommen?

Nachdem schon Huygens (s. o. p. 11) eine der Leibniz'schen ähnliche Theorie aufgestellt, beschäftigten sich verschiedene Gelehrte in der jüngsten Zeit mit der Erklärung der Gravitation und gelangten zu einem ähnlichen Ergebnis wie unser Autor, so ein Faraday, Hertz, Maxwell, Lord Kelvin, Secchi und Isenkrahe; es scheinen besonders die Engländer von heutzutage durch die rein mathematischen Gesetze

---

[1]) Acta 1689, p. 87; Kepler hatte schon (oben p. 1) etwas ähnliches behauptet.

[2]) Acta 1706, p. 450.

[3]) „Ces efforts du fluide n'estant autre chose . . . que de tels rayons qui font descendre les corps". Pertz III, II, p. 134 ff.

[4]) Pertz III, III, p. 560.

Newtons nicht mehr befriedigt zu sein. So edierte vor kurzem der Londoner Physiker Shawbred eine Schrift, die sich betitelte: „Einfluss des Aethers auf die Gravitation."[1]) Isenkrahe erklärt in seinem „Rätsel von der Schwerkraft" die Anziehung der Massen durch den Stoss von Aetheratomen.[2])

Besonders anschaulich, man möchte sagen mit den Worten Leibniz', schildert der berühmte Astronom Pater Secchi in seiner „Sonne" die Wirkungen der Kräfte im Himmelsraume: „Aus einem Aggregat träger, ruhiger Stoffe habe sich die uns sichtbare Körperwelt in einen Komplex unaufhörlich bewegter Massen verwandelt . . . . die wägbare Materie könne nicht die ganze physische Welt ausmachen, sie müsse vielmehr begleitet und umgeben sein von einer anderen Substanz; Elektrizität, Magnetismus und Licht seien verschiedene Bewegungsarten jenes den Weltraum erfüllenden, dünnen Fluidums, des Aethers, es seien jene gewaltigen Naturthätigkeiten, die wir anziehende und abstossende Kräfte nennen, und von denen wir sagen können, dass sie den inneren Bau des Weltalls wie die Bahnen der Himmelskörper regieren.[3])"

Damit verlassen wir die Schwerkraft, um ihren Gegensatz, die Elastizität und die mit der Gravitation aufs innigste verwandte Erscheinung, das Licht, zu untersuchen.

III. Licht.

Als Gegensatz der Gravität führt Leibniz die Elastizität, mit einem anderen Worte den Auftrieb, den „elatus", an. Dieser Auftrieb geht nicht hervor aus „Furcht vor dem Leeren",[4]) sondern aus dem Wirken der Aetherwellen; also schweben unserem Autor auch hier die Begriffe: Anziehung, Ab-

---

[1]) Dem Verf. nicht zugänglich.
[2]) Isenkrahe, p. 201 ff.
[3]) Secchi, die Sonne, p. 690 ff.
[4]) „. . . metu vacui."

stossung — Spannung — vor. „An sich würde kein Körper zurückspringen“, sagt Leibniz, „wenn nicht die Zirkulation des Aethers die Elastizität bewirkte.“[1]) Der Aether strebt bei seiner Drehung die Körper zu teilen; die Bestandteile derselben aber widersetzen sich diesem Streben und suchen das Gleichgewicht wiederherzustellen, d. h. ihren vorigen Platz wieder einzunehmen, — „instar arcus relaxati, wie ein zurückschnellender Bogen“.

Von diesem elastischen Auftriebe leitet unser Autor die Lichtspiegelung und Lichtbrechung[2]), sodann die Pendelschwingungen und verschiedene chemische Prozesse, z. B. die Reaktion ab, was alles hier nicht weiter erörtert werden soll, da diese uns ferner liegenden Hypothesen doch teilweise recht gezwungen sind.

Etwas mehr Interesse für uns bietet die Frage des Widerstandes, den das Mittel, der Weltäther, den Einwirkungen entgegensetzt, oder in wie weit er selbst ein Hindernis ist, das bewirkt, dass die Bewegung, die er fortpflanzen soll, nicht ungeschwächt übermittelt wird. Der Widerstand des Mittels setzt sich zusammen aus der Masse desselben und der äusseren und inneren Beschaffenheit der Körper, welche durch den Aether in Bewegung gesetzt werden. Leibniz sagt hier, nachdem er bei der Wirkung der Gravitation bereits den festen Fundamentalsatz betreff der Lichtstärke aufgestellt hatte: „Es ist demnach zweifelhaft, ob es auf allen sphärischen Oberflächen dieselbe Menge Anziehungskraft und Lichtstärke gibt, obschon feststeht, dass dieselbe Menge Anziehungs- und Lichtstrahlen überallhin gelangt“.[3])

Die Frage, ob der Widerstand des Aethers speziell die Bewegung der Sterne beeinflussen könne, lässt Leibniz offen; er hält eine hierauf bezügliche Untersuchung besonders in Hinsicht auf den Mond für sehr wichtig.[4]) Die Bahn der

---

[1]) bei Lasswitz II, p. 454.
[2]) Pertz II, I, p. 149 f. u. III, II, p. 44.
[3]) Pertz III, II, p. 143.
[4]) Pertz III, IV, p. 169.

Kometen kann nach seiner Anschauung durch eine so feine Materie, wie der bewegte Aether ist, nicht merklich verändert werden.[1]) Den Schweif der Kometen aber betrachtet Leibniz im Gegensatz zu Huygens, der ihn für eine wirkliche Materie ansieht, nur als Folge des Aetherwiderstandes, demnach als optische Wirkung.[2])

Manche Stellen bei Leibniz lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass auch unser Sonnenlicht eine Wirkung des Aetherwiderstandes ist und durch die Aetherwellen in dem ganzen Himmelsraume verbreitet wird. Die Sonne sendet, wie wir wissen, Lichtstrahlen, „radios lucis"[3]), aus und setzt durch dieselben den Weltäther in Bewegung, wobei die Erschütterung des Aethers von Teilchen zu Teilchen fortgegeben wird wie beim Schall; dadurch aber, dass die Wärmestrahlen ein Medium bewegen und durchdringen müssen, werden sie selbst leuchtend, werden sie zur Lichterscheinung (lux); Leibniz sagt: „Das Licht beruht auf der Bewegung des Aethers; lucem autem consistere in motu corporis cujusdam aëre subtilioris, quod aethera vocare liceat".[4]) Es ist dies ein ähnlicher Vorgang wie der Lichteffekt am Schweife des Kometen, hervorgerufen durch den Widerstand, den die Bewegung findet.

Wer denkt nicht sofort an das Gesetz von der „Umsetzung der Arbeit in Wärme" (Helmholtz), an das Gesetz „von der Erhaltung der Kraft" (Rob. Mayer und Helmholtz)? Und in der That! Durch die Erklärung des Lichtes stellt Leibniz bereits in nuce den ersten Satz auf; den zweiten von der „Erhaltung der Kraft"[5]) spricht Leibniz an mehreren Stellen deutlich und klar zum erstenmale aus, und wir müssen hier sein Verdienst

---

[1]) Pertz III, II, p. 155.
[2]) l. c. p. 54.
[3]) cf. „Lucem esse ignem subtilem"; Pertz II, I, p. 151.
[4]) Pertz II, I, p. 148.
[5]) Descartes und die Cartesianer sagen: „Erhaltung der Bewegung", während Leibniz den Begriff „Kraft" festhält.

um dieses wichtige physische Gesetz mit allem Nachdruck festlegen. Besonders in den Acta Lips. (Jahrg. 1686) sagt er bestimmt: „Es wird dieselbe Summe der bewegenden Kraft (Energie) erhalten, weil wir keine Kraft von einem Körper verloren gehen sehen, ohne dass sie auf einen anderen übergeht.“[1])

Die Fortpflanzung des Lichtes in die Weiten des Himmelsraumes besorgt der Aether. „Das Licht ist“, sagt Leibniz, „die schnelle Verbreitung des Aethers nach allen Seiten“;[2]) und an einer anderen Stelle: „Nam ab incumbentibus radiis lucis aetherem tum agi ante lucem, tum in latus expandi“.[3])

Leibniz nimmt also wie Huygens, im Gegensatz zur Emissionstheorie Newtons und zur Korpuskulartheorie des Descartes, eine wellenartige Fortpflanzung des Lichtes an und erklärt uns auch das Entstehen desselben infolge des Aetherwiderstandes. Ausserdem deckt er die Beziehungen des Lichtes zu der Anziehungskraft und zum Magnetismus auf; man begreift daher, dass Leibniz seiner Zeit soweit voraus war, dass das nachfolgende Jahrhundert seine Ansicht weder verfolgen noch festhalten konnte; er steht ja bereits ganz und gar auf der Höhe der heutigen Forschung, wie sie vorzüglich durch Helmholtz und Hertz inauguriert wurde.

Als Anhang zur Erklärung des Lichtes und als Uebergang zum Magnetismus seien hier noch einige kurze Bemerkungen Leibniz' über das Polarlicht angeführt. Er beobachtete es öfter und schliesst sich in seinen Gedanken an den Schweizer Gesner an. Die „Aurora borealis“[4]) werde besonders häufig in den Monaten August, September

---

[1]) Acta Lips. 1686, p. 161 u. Pertz II, I, p. 170 f.; ähnliche Stellen finden sich noch mehr: „eandem conservari vim absolutam seu quantitatem actionis in mundo“, Pertz III, III, p. 243; cf. Pertz III, III, p. 75.

[2]) bei Lasswitz II, p. 455.

[3]) Pertz II, I, p. 148.

[4]) auch „acies, claritas.“

und Oktober am Himmel gesehen, oft blutigrot, zuweilen von Dunst umgeben oder von Strahlen begleitet. Im Gegensatze zu der damals fast allgemeinen abergläubischen Auslegung des Nordlichtes als göttliches Wunderzeichen will Leibniz dasselbe als ein Spiel der Natur, „lusus naturae", also wohl als ein optisches Phänomen betrachtet sehen.[1])

IV. Der Magnetismus kosmischen Ursprungs.

Der Magnetismus ist die dritte Erscheinung unter den Kräften, welche durch die Einwirkung der Aetherschwingungen auf die Körper an unserer Erde entstehen. Ausser der Verwandtschaft zum Lichte und zur Schwerkraft steht der Magnetismus aber auch in gewisser Beziehung zur Anordnung und Bewegung der Erdmaterie; „zwischen der Bewegung der Erde und des Magneten besteht eine grosse Aehnlichkeit; die Materie der Erde, der Sonne und des Magneten, d. h. der magnetischen Richtkraft, hat eine Art Umdrehung oder Wirbel; wie es aber bei der Zirkulation um den Mittelpunkt der Erde eine Unzahl von Polen gibt, zwei jedoch besonders hervorragen, so ist es auch beim Magnetismus; er folgt dem Laufe der Erdmaterie." [2])

Die „verticitas oder vis magnetica", wie Leibniz den Erdmagnetismus bezeichnet, ist über die ganze Erdoberfläche zerstreut,[3]) denn magnetische Ströme umgeben die Erde; in dem Magneten findet eine Bewegung in Kreisen statt, und es zeigt der Magnetismus Anziehung und Richtung. Es ist diese magnetische Kraft ein Streben der Erdteilchen, sich gegenseitig auszuscheiden und, je nach ihrer Dichtigkeit, besser anzu-

[1]) Heutzutage gilt das Nordlicht freilich als eine magnetisch-elektrische Erscheinung.

[2]) Pertz III, II, p. 143.

[3]) Pertz II, I, p. 149; cf. Peschel-Ruge, Geschichte d Erdk., München 1877, p. 436; schon Gilbert sagte: „Der Erdball selbst ist ein grosser Magnet."

ordnen, und zwar in einer Richtung, in welcher sie weniger Widerstand leisten und Stösse erhalten, also auf den Meridianen gegen die Pole zu. Denn die Licht- und Aetherschwingungen wirken am stärksten in der Richtung des Aequators und der Parallelkreise[1]); dem gegenüber also nehmen die Teilchen das Streben zur Seite gegen die Pole zu an.

Und doch fallen die magnetischen Meridiane und Pole mit den astronomischen nicht genau zusammen; Leibniz sagt hierüber: „Diese vis magnetica ist keine rein magnetische Kraft; ausserdem treten dem Magnetismus viele hindernde Einflüsse entgegen, sonst müsste er eine stärkere Wirkung haben."[2])

Daher kommen also die verschiedenen Abweichungen zwischen geographischen und magnetischen Meridianen und Polen, Deklinationen genannt, aber auch die Störungen und Veränderungen in den beiden wichtigsten magnetischen Elementen, die Variationen in der Deklination und Inklination.

Zur Beobachtung der Inklination erfand Leibniz wie Jacob Bernoulli, der ältere der beiden berühmten Mathematiker, ein eigenes Instrument, ein Inklinatorium, das er „instrumentum inclinationis und un appareil particulier" nannte.[3]) Freilich ist dieses Instrument nicht auf uns gekommen.

Besonders aber widmete Leibniz seine Aufmerksamkeit den Deklinationen und ihren Variationen. Er verfolgte dabei praktische Absichten; er wollte nämlich durch Beobachtung der Deklinationskurven für die Schiffahrt eine von den Sternen unabhängige, brauchbare Längenbestimmung schaffen. Er benutzte dabei frühere Arbeiten, so Kirchers „Magnes" und die Halleyschen Deklinationskarten vom Jh. 1699; vielleicht auch einen Brief von Melch. Leydeker: „De variatione Magnetis", eingeschickt an die Misc. Acad. Natur. Curios. 1683, p. 445. Doch stellte er auch selbst Untersuchungen an und forderte andere, besonders Aerzte,

---

[1]) Pertz, II, I, p. 149

[2]) l. c.

[3]) Humboldt, Asie Centrale, Paris 1843, III, p. 474.

dazu auf;[1]) denn nur durch viele örtlich und zeitlich verschiedene Beobachtungen könne man den Schlüssel finden zur Erklärung der verschiedenen Abweichungen und zur genauen Fixierung der Isogone Null.

Mit seltenem Scharfblick wendet sich daher Leibniz in dieser Sache im Jahre 1712 an den Czaren Peter den Grossen, um seine Unterstützung zu gewinnen. Bei der grossen Ausdehnung des russischen Kaiserreichs sei durch Gelehrte und Aerzte eine Unzahl räumlich und zeitlich verschiedener Beobachtungen möglich, wie auch die Untersuchung des Uebergangs der östlichen zur westlichen Deklination; und so könne auch jeder Punkt mit bestimmter, beständiger Nordrichtung aufgefunden werden.[2])

Peter der Grosse ging, soweit es die damaligen Kriegszustände erlaubten, auf die Wünsche des deutschen „Geometers" ein. Die Verhandlungen zwischen Leibniz und Peter wurden durch Vermittlung des Generals Bruce geführt. Dieser wichtige Briefwechsel ist noch erhalten und wurde teils aus dem Archiv von Hannover durch Pertz, teils durch A. v. Humboldt aus dem Archiv von Moskau bekannt gemacht.[3])

Auch das Interesse der Czarin suchte Leibniz zu wecken durch Uebersendung eines Handglobus, von ihm „terrella" und „globe unique dans son genre" genannt; derselbe wird jetzt noch im Archiv zu Hannover aufbewahrt.

Auf diesem Globus verzeichnet er die Kurven der Orte mit gleicher Deklination, d. h. die Isogonen, und dazu die „courbe à déclinaison zéro", welche er auch die „linea magnetica primaria" nennt. Diese Isogone Null, welche sehr gekrümmt und gewunden verlaufe, sei eine Demarkationslinie, d. h. sie teile den Erdball in zwei fast gleiche Hälften. Ihre

---

[1]) Zu fleissigen Naturbeobachtungen hatte er namentlich auch die Klöster aufgefordert.

[2]) Constant et fixe départ, cf. Humboldt, Kosmos, Stuttg. u. Tübingen 1858, IV, p. 139.

[3]) Humboldt, Kosmos IV, p. 203 u. Asie Centrale III, p. 469 ff.

vier Wendepunkte (puncta flexus contrarii) sind: zwischen Südpol und dem Grünen Vorgebirge, in Nordamerika, in Ostasien und bei Neuholland; dort schliesst sie in sich ab. Der Verlauf, den sie nimmt, ist folgender: vom Grünen Vorgebirge führt sie an die Ostküste von Nordamerika unter 36⁰ n. Br., dann durch die Südsee nach Ostasien und von dort nach Neuholland. Alle Orte östlich von der „linea primaria" haben eine Abweichung nach Westen; die westlich gelegenen eine solche gegen Osten.[1]) Diese östliche Abweichung umfasst, sagt Leibniz im Jahre 1712, einen grossen Teil des Atlantischen Ozeans, des Stillen Ozeans, der Küsten Amerikas und Asiens; einen Teil Chinas, Japans, den Indischen Ozean und Neuholland. Der Südpol hat den eigentümlichen Vorzug, dass die „linea nullius variationis" sich ihm am meisten nähert, während sie vom Nordpol so weit entfernt bleibt, dass die Deklination auf ihm 25⁰ westlich betragen muss; am Antarktos dagegen beträgt sie nur 5⁰. „Man darf aber mit vollem Rechte annehmen, dass sich im Laufe der Jahrhunderte einst der Nordpol desselben Vorzugs erfreuen wird, den jetzt der Südpol für sich besitzt; die Linie ohne Abweichung beginnt bereits sich vom Antarktos zu entfernen;" so die Worte des grossen Gelehrten.[2])

Wir sehen, dass Leibniz hier die Deklinationskurve Null nur der Hauptrichtung nach getroffen hat, so dass also A. v. Humboldt mit seinem abfälligen Urteile teilweise im Rechte ist.[3]) Humboldt modifiziert dasselbe aber später selbst und sagt: „Der grosse Physiker und Geometer Leibniz hat sich um die Weiterentwicklung der Kenntnis des Magnetismus sehr verdient gemacht".[4])

---

[1]) Leibniz wusste noch nichts von der zweiten, kleineren Null-Kurve im östlichen Asien.

[2]) Humboldt, Asie Centrale, III, p. 472.

[3]) Humboldt nennt Leibniz' Aufstellungen „unbestimmte, vage Behauptungen", was doch wohl zu stark ist.

[4]) Humboldt, Asie Centrale III, p. 476.

Und darin hat Humboldt vollständig recht; denn abgesehen von den eigenen Untersuchungen und der Aufstellung der „linea primaria magnetica", sind alle späteren Beobachtungen im grossen russischen Reiche[1]) in erster Linie auf Leibniz' Anregung zurückzuführen.

In hervorragendem Masse aber verdient die Theorie des Magnetismus, verdienen die Sätze über Entstehung und Störung desselben, welche Leibniz vor Halley als erster[2]) aufstellt, gerade heute unsere vollste Beachtung.

Was die Entstehung anlangt, so ist schon oben ausgeführt worden, dass die infolge der Wärmestrahlen entstandenen Aetherschwingungen an der Erde magnetische Ströme hervorrufen, welche unseren *κόσμος* umkreisen und sich in Anziehung und Richtung äussern.

In Bezug auf die Abweichungen der magnetischen Elemente führt Leibniz als ersten Grund die ungleiche Beschaffenheit der Erdmaterie an; „denn es setzt", sagt er, „der vis magnetica, resp. den dieselbe hervorrufenden Aetherschwingungen, ein Körper mit Erhebungen, Vertiefungen und den vielen ableitenden „Poren" kräftigen Widerstand entgegen".[3]) Mit anderen Worten gibt er also damals bereits das Resultat der heutigen Forschungen: „In der häufigen, grossen Ungleichförmigkeit der magnetischen Kurven spiegeln sich die Leitlinien grosser Gebirgszüge wieder".[4])

Aber noch andere Gründe für die magnetischen Unregelmässigkeiten deutet er in einem Briefe an Huygens an. „Ich möchte wohl wissen", schreibt er, „was Sie über Deklination und Inklination denken und darüber, dass an Orten, die räumlich nicht weit von einander entfernt sind,

---

[1]) Durch eine Kette von magnetischen und meteorologischen Stationen von St. Petersburg bis zum Amur (seit 1829); cf. Humboldt, Asie Centrale III, p. 477.

[2]) In der Hypothesis physica i. J. 1671 u. in einem wichtigen Briefe an Arnauld vom Jahre 1688 bei Pertz II, I, p. 149.

[3]) Pertz II, I, p. 149

[4]) Günther, Lehrb. d. phys. Geogr., Stuttg. 1891, p. 203.

doch ein grosser Unterschied der Abweichungen besteht; es ist wahr, dass wir die Regel der Deklination noch nicht kennen; aber ich sehe nicht ein, warum Sie annehmen, es gäbe deren keine, es fänden sich nur Sprünge, d. h. nach Ort und Zeit grosse Verschiedenheiten der Abweichungen".[1] „Ich glaube meinerseits, dass die Deklinationen mit ihren Abweichungen einer gewissen Regel folgen und nicht von zufälligen Ursachen abhängen."[2]

Hier spricht also Leibniz deutlich von örtlichen Deklinationsabweichungen, wie er oben die säkularen Veränderungen der Deklination festgestellt hatte bei Besprechung der Null-Kurve. Wenn gleich er nun noch nicht das analoge Verhalten der Sonnenfleckenfrequenz und der magnetischen Kurven[3] kennt, so kommt er doch unserer Anschauung wenigstens sehr nahe, indem er unentwegt den Zusammenhang zwischen den Licht-Anziehungsstrahlen, der Elastizität und dem Magnetismus betont. Man ist daher berechtigt, anzunehmen, dass Leibniz unsere Ansicht bereits im Jahre 1671 vorahnend zum Ausdruck bringt, und dass er auch wie wir den Erdmagnetismus (Ladung mit Elektrizität) als eine Folge der elektrischen Spannung auf der Sonnenoberfläche[4] oder als die Wirkung thermischer Ströme (nach Ampère) ansieht. Andererseits führt Leibniz die Störungen der magnetischen Elemente wie die der anderen Himmelskräfte teils auf die Einwirkungen der Körper aufeinander infolge der gegenseitigen Anziehung, teils auf den Einfluss der Aetherschwingungen zurück. Er sagt klar und bestimmt in seinem Briefe an Arnauld vom Jahre 1688: „Credibile est, posse ex hac hypothesi motus aetherei inveniri aliquando constantes declinationis variae rationes;[5] aus der Hypothese der Aetherbewegung können noch ein-

---

[1]) Pertz III, II, p. 85 u. 92.
[2]) l. c. p. 77.
[3]) Günther, l. c. p. 194.
[4]) l. c. p. 202.
[5]) Pertz II, I, p. 149.

mal feststehende Gründe für die Verschiedenheit der Deklination geschöpft werden." „Denn wie es zwei Bewegungen gibt, die mit dem Laufe der Erde vereinbar sind, die Gravitation und der Magnetismus, so erklären sich auch die Abweichungen der magnetischen Kraft aus ähnlichen Gründen, wie die „Aberration" der Erdachse.[1])"

Aus all dem folgt, dass Leibniz sowohl für Entstehung des Magnetismus als auch zur Erklärung der verschiedenen Abweichungen der Hauptsache nach kosmische Gründe annimmt und damit unserer Anschauung vorgreift.[2])

Wir sehen aber auch, wie sich Leibniz' Theorie des Magnetismus harmonisch in sein ganzes System von der Bewegung des Aethers einfügt und dasselbe abschliesst, was ein grosser Vorteil den nackten Newtonschen Gesetzen gegenüber ist.

V. Atmosphäre.

Barometrische Apparate.

Wir steigen vom Aether, dem Stoffe zwischen den einzelnen Himmelskörpern, herab zur Lufthülle, welche unseren Planeten umgibt. Die vollständige chemische Zusammensetzung der Luft kennt Leibniz natürlich noch nicht. Doch gibt er uns einige recht bemerkenswerte Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Luftkreises.

Auch in der Luft ist nach ihm alles in Bewegung, ein Fliessen, eine „bullitio"; denn ausser anderen Teilen und Körperchen enthält die Lufthülle hauptsächlich Dämpfe, Dunstmassen; Leibniz gebraucht dafür das Wort „vapores". Diese sind eine feinflüssige, elastische Materie, zwischen Luft und Wasser stehend, weshalb Leibniz sie „feineres Wasser" nennt.[3]) Es ist das eine Anhäufung von

[1]) Pertz III, II, p. 154.

[2]) Der tell. Magnetismus ist kosmischen Ursprungs; Günther, l. c. p. 202.

[3]) Miscellanea Berolinensia, Jhg. 1710, p. 123; cf. Pertz II, I, p. 151 u. II, Suppl., p. 114 Anm.

Bläschen oder Kügelchen,[1]) welche aus einem Wasserhäutchen mit einer feineren Materie im Inneren bestehen. Diese Materie ist nichts anderes als der uns bekannte Weltenstoff, Aether genannt. Derselbe ist also der Ansatzkern für die Dunstbläschen, gerade so wie diese letzteren selbst die „semina rerum", die Grundlagen oder die Keime aller Dinge und die Behältnisse des Aethers sind.[2]) Die Blasen entstehen aus der kreisförmigen Bewegung der sie umgebenden Materie und aus dem geradlinigen Streben des Aethers.

Folgerichtig lässt Leibniz deshalb die aus der Aetherbewegung resultierenden Kräfte, vorzüglich die „gravitas" und den „elatus", die Schwerkraft und die Elastizität, auch in der Lufthülle der Erde zur Wirkung kommen. Diese beiden Kräfte können sich in der Luft äussern, weil diese vermöge des Gehalts an Dampf zwei wichtige Eigenschaften besitzt: „comprimibilitas (compressio) und vis se dilatandi", d. h. also Verdichtungs- und Ausdehnungsfähigkeit.[3]) Im Anschluss daran kann man auch von zwei Zuständen in der Luft, von „densitas und raritas", von „Luftdichte und Luftdünne" sprechen. Leibniz bemerkt aber deutlich, dass diese Zustände nicht mit hohem und geringem Luftdrucke zusammenfallen und sich nicht durch den dazwischen befindlichen, leeren Raum, sondern nur durch die Bewegung der Teile unterscheiden.[4])

Die Frage, wieviel Feuchtigkeit die Luft enthält, und welchen Einfluss jene auf die „Luftschwere" oder den Luftdruck ausübt, beantwortet Leibniz[5]) in drei Thesen:

1. In der hellen, scheinbar trockenen Luft ist nicht weniger Wasser enthalten als in der trüben und feuchten.[6])

---

[1]) bullulae, globuli, tubuli; cf.: „Necesse est, liquidum esse multorum solidorum varie motorum aggregatum, quae . . globos . . aut gyros ampliores constituunt". Pertz II, I, p. 150.

[2]) bei Lasswitz II, p. 453.

[3]) Aehnlich sprechen wir von Verdichtung und Verdunstung.

[4]) Non interspérso vacuo, sed motu partium; Pertz II, I, p. 150 u. Miscellanea 1710, p. 123 ff.

[5]) Miscell. l. c. u. Kortholdt I, p. 224.

[6]) Im modernen Gewande lautet der Satz: Die Bezeichnungen trocken und feucht sind nur relative Begriffe und gestatten keinen Schluss auf die absolute Menge des Dampfgehaltes der Atmosphäre.

2. Wo Feuchtigkeitsteile in der Luft vorhanden sind, machen sie dieselbe um soviel schwerer, als sie die Luftmaterie vermehren.
3. Sobald die Dampfbläschen getrennt von der Luft herabfallen, wird die Luft weniger schwer; die Wassertröpfchen, die zu fallen beginnen, werden nicht mehr von der Luftsäule getragen: „guttulae incipientes cadere non amplius a columna aëris sustentantur."

Gerade durch den Wasserdampf, durch die Feuchtigkeit besitzt die Luft Ausdehnungsvermögen; „nec mirum est, quod aër humidus calore magis dilatatur"[1]. Freilich ist die Luft an sich schon aus zwei Gründen ausdehnungsfähig.

Primär besitzt sie diese Eigenschaft durch ihre Elastizität, durch den „elatus oder die vis elastica", welche eine Wirkung der Aetherbewegung ist; denn der Aether hat das Streben, die Körper zu verdrängen oder zu teilen; die Körperteilchen suchen sich dem gegenüber immer wieder der Lage oder der Zusammensetzung nach in den alten Zustand zurück zu bringen. Die Kraft der Elastizität, Körper auszudehnen, tritt sofort ein, wenn das äussere Hindernis entfernt ist, z. B. wenn man bei eingeschrumpften Blasen den Verschluss der Luftpumpe öffnet, oder wenn sich der hohe Luftdruck auf Bergen erniedrigt hat.

Accidentell, zufällig, kann die Atmosphäre durch die Wärme oder etwas der Wärme Aehnliches ein Ausdehnungsvermögen erhalten. Die Wärme ist also die Ergänzung der (primären) Verdichtungs- resp. Ausdehnungsfähigkeit: „Calor est supplementum compressionis vel densitatis".[2] Leibniz nennt den Vorgang der Ausdehnung der Luft durch Wärme „fermentatio" d. h. Gährung, Blähung; heutzutage wird er mit „Luftauflockerung"[3] bezeichnet.

Die Auflockerung der Luft durch die Wärme tritt also, (s. o.) vorzüglich ein wegen der so reichlich vorhandenen

---

[1]) Pertz II, Suppl., p. 114. Anm.
[2]) Pertz III, III, p. 599.
[3]) Günther, l. c. p. 235.

Dampfbläschen. Denn die anderen Luftteilchen erhalten einerseits nicht soviel Wärme, andererseits können sie durch eigene Kraft die in den Wasserhäutchen eingeschlossnen Aethermoleküle nicht zusammendrücken, d. h. nicht dichter machen. Die Dampfkügelchen aber empfangen schon deshalb mehr Wärme, weil die Luftteilchen von aussen öfter anprallen und dadurch an der Oberfläche der Bläschen durch diese Bewegung grössere Wärme erzeugen.[1]) Ausserdem entwickeln aber die Dampfkügelchen aus sich heraus fort und fort eine elastische Flüssigkeit,[2]) so dass die Wasserhäutchen immer mehr ausgedehnt und die eingeschlossenen Materien fortwährend verdünnt werden.

Dadurch werden aber die Dampfbläschen im Verhältnis zu den sie umgebenden Luftteilchen dünner und leichter; der Luftdruck wird also geringer, wodurch sich dann der Auftrieb, d. h. die Elastizität im Gegensatz zum Luftdruck, geltend machen kann. So müssen die durch die Wärme ausgedehnten oder aufgelockerten Dampfbläschen hydrostatischen Gesetzen zufolge in der sie umgebenden Luft in die Höhe steigen. Damit gibt uns Leibniz bereits die Erklärung des „aufsteigenden Luftstromes".[3])

Anders verhält es sich bei der Abnahme der Wärme in der Luft. Die Dampfbläschen verlieren hiedurch mehr und rascher als die Umgebung ihre Wärme, jede Ausdehnung fällt weg; im Gegenteile, sie schrumpfen zusammen und werden von den umgebenden Luftteilchen zusammengedrückt; es werden dann mehrere kleine Bläschen zu grösseren zusammenschmelzen; dadurch werden sie dichter und schwerer als die übrige Atmosphäre; deshalb trennen sie sich von derselben und fallen in Form von Tropfen zur Erde herab.

Diese beiden Vorgänge, das „Steigen und Fallen" der Dampfkügelchen, veranschaulicht Leibniz durch das Ver-

---

[1]) Miscellanea 1710, p. 124.

[2]) Pertz II, Suppl., p. 114 Anm.

[3]) Die natürlich nach dem Masstabe der Zeit zu beurteilende Erklärung gemahnt doch einigermassen an die moderne Auffassung; cf. Günther, l. c. p. 235.

halten einer hohlen Kugel aus Eisen in einem Gefäss mit Wasser. Vgl. Figur I.[1]) Wird die Kugel luftdicht geschlossen, und hat sie im Verhältnis zum Gewicht des Eisens genug Fassungsvermögen, so muss sie im Wasser steigen und oben schwimmen, weil sie leichter ist als das umgebende Wasser. Dagegen wird die Kugel sinken, wenn man durch eine Oeffnung Wasser in dieselbe einlaufen lässt und sie dadurch spezifisch schwerer macht.[2])

der Wärme abgesehen, können aber auch Winde den Ausdehnungs- oder Verdichtungsprozess in der Atmosphäre hervorrufen und so ein „Steigen oder Fallen" der Dunstkügelchen bewirken, indem sie eine bestimmte Luftsäule von einem Orte weg an einen anderen tragen.[3])

Fig. 1

Zwischen den beiden Vorgängen des Steigens und Fallens kann aber auch ein Zustand der Ruhe, des „Hängenbleibens", eintreten, weil die Luft, wie jede Flüssigkeit, ihren Teilchen gegenüber eine gewisse „tenacitas", ein Festhaltungsvermögen besitzt.

Die Luftschwere, d. h. der Luftdruck entsteht wie der Auftrieb durch Bewegung, und zwar durch Bewegung der oberen Luftteilchen gegen die unteren.[4]) An sich ist der Luftdruck nicht gleich der Luftdichte; denn die Luft ist nicht an allen Stellen gleichmässig verdichtungsfähig.[5]) Vermehrt wird aber der Luftdruck durch die Dampfbläschen, die in der Luft hängen bleiben oder steigen;[6]) vermindert aber, wenn diese Dunstkügelchen fallen — als Niederschläge der verschiedensten Art. Schon vor Leibniz hatte

---

[1]) Nach Kortholdt I, p. 243.
[2]) l. c. p. 243.
[3]) Kortholdt I, p. 181 u. Pertz III, IV, p. 186.
[4]) Pertz III, I., p. 20.
[5]) Pertz III, III, p. 598.
[6]) Nach unseren Begriffen: „mit denen sich die Luft sättigt."

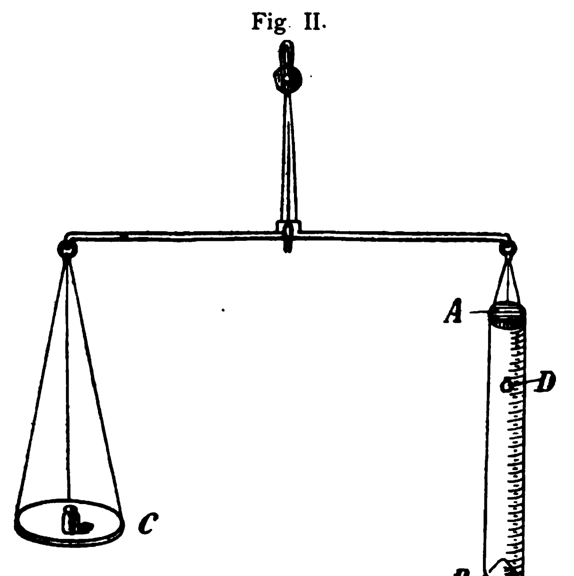
Torricelli den Luftdruck durch eine Quecksilbersäule von — normal — 760 mm gemessen. Mit dieser Quecksilbersäule steht die Luftsäule für gewöhnlich im Gleichgewicht.

Leibniz wollte nun das Verhalten, d. h. das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre bei dem Steigen (oder Hängenbleiben) und Fallen der Dunstbläschen, mit anderen Worten die Vermehrung oder Minderung des Luftdruckes bei heiterem Wetter oder bei Niederschlägen durch zwei sinnreich erfundene Instrumente anschaulich machen.

Das eine beschrieb er dem italienischen Gelehrten Ramazzini,[1]) in dessen Begleitung er die Mutinensische (intermittierende) Quelle untersuchte; das andere schilderte er dem französischen Abbé Bignon, welcher die Notiz in der Histoire de l'Academie des Sciences[2]) veröffentlichte.

Nachdem die ersten Versuche mit diesen Instrumenten wegen verschiedener Mängel an denselben nicht geglückt waren, konnte doch bald besonders Ramazzini die geistreiche Konstruktion des Instrumentes und die Richtigkeit des Resultates, das mit jenem erzielt werden sollte, feststellen. Eine mit Wasser gefüllte Röhre AB (S. Figur II)[3]) ist dem Gewichte C

Fig. II.



---

[1]) Ramazzini opera, Genf 1716, I, p. 465 ff.

[2]) Histoire de l'Academie des Sciences 1730, p. 3.

[3]) Nach Kortholdt I, p. 181.

gegenüber an einer Wage aufgehängt und befindet sich mit demselben im Gleichgewicht. Im Wasser schwimmt eine hohle Metallkugel D mit einer verschlossnen Oeffnung. Lässt man nun durch dieselbe Wasser einlaufen, so sinkt die Kugel, und die Röhre schnellt in die Höhe, weil sie leichter wird, dadurch dass die Kugel vom Wasser nicht mehr getragen zu werden braucht; denn: „Quod corpus grave, quando per fluidum aliquod descendit, gravitatem suam non exercet";[1]) das Gewichtstück wird natürlich sinken.

Mit diesem Vorgange vergleicht nun Leibniz das Verhalten des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre. Die Wasserröhre stellt uns die Luftsäule, das Gewicht die Quecksilbersäule und die Kugel den Wasserdampf dar.

Die Hauptmomente fasst er in den Satz zusammen: „Pluvioso tempore descendet Mercurius, restituta serenitate ascendet."

Wie das Gewichtstück C sinkt, wenn die Kugel fällt und das Wasser dadurch leichter wird, so fällt auch das Quecksilber in der Torricellischen Röhre mit oder schon vor dem Beginn des Fallens[2]) der Dampfkügelchen, d. h. mit Beginn eines Niederschlages, da hiedurch der Luftdruck, die Luftsäule (das Gegengewicht zur Quecksilbersäule) leichter wird.

Andererseits aber wird, wenn man das Wasser aus der hohlen Kugel entfernt und diese wieder im Wasser schwimmen lässt, das Gewicht der Wasserröhre wieder grösser, da ja die Kugel vom Wasser getragen wird, beide also mit einander verbunden sind. Ebenso muss das Quecksilber bei heiterem Himmel steigen (d. h. leichter werden), weil dann die Dampfbläschen mit der Luft verbunden sind und dieselbe schwerer machen.

Das Instrument, welches Leibniz dem Abbé Bignon beschrieb, unterscheidet sich nur dadurch von dem, welches er

---

[1]) Ramazzini opera I, p. 466.
[2]) Histoire de l'Academie, p. 4.

Ramazzini vorlegte, dass statt der einen hohlen Metallkugel zwei Kügelchen über der Wasserröhre an Fädchen aufgehängt sind und zwar so, dass sie an der Oberfläche des Wassers schwimmen. Von den beiden Kügelchen ist das eine spezifisch schwerer, das andere leichter als Wasser; durchschneidet man die Fädchen, so wird die spezifisch schwerere Kugel im Wasser sinken und die Röhre in die Höhe schnellen, wie beim ersten Instrumente. Die Anwendung auf das Quecksilberbarometer ist die gleiche wie oben.

Nachdem schon Pascal im Jahre 1658 seine berühmte Abhandlung über Luftdruckveränderung bei Höhenzunahme herausgegeben, und nachdem Scheuchzer von 1705—1707 die Höhe von Orten aus dem Stande des Barometers abgeleitet hatte, sprach auch Leibniz in einem Briefe an Hermann[1]) im Jahre 1708 den Gedanken aus: „Es wäre dankenswert, die Verdichtungsfähigkeit der Luft in Formeln und Tafeln zu bringen, weil ich das bezüglich der Höhe des Harzgebirges verwerten möchte".

Leibniz stellte selbst zu diesem Zwecke auf den Höhen und in den Gruben des Harzes Versuche an, um die Beschaffenheit und besonders die Verdichtungsfähigkeit der Luft zu erforschen.[2])

Recht bemerkenswert ist in diesem Zusammenhange eine Aeusserung unseres Erfinders über den ersten Versuch mit dem Luftballon durch den Jesuitenpater Lana. Dieser wollte eine Kugel aus Erz konstruieren und sie nach ausgepumpter Luft in die Höhe steigen und dort schweben (schwimmen) lassen.

Leibniz hält in erster Linie die Anfertigung eines globus aëneus oder aeris globus von 16' Durchmesser für nicht gut möglich; sollte aber eine solche Kugel doch konstruiert werden können, so sei der auf ihr lastende Luftdruck zu gross, um ein Steigen in der Luft als möglich erscheinen zu lassen.

---

[1]) Pertz III, IV, p. 372.

[2]) l. c. p. 378.

Leibniz bezweifelt im Hinblick darauf die Möglichkeit der Luftschiffahrt im allgemeinen, und wir können ihm dies nicht verargen, da ja zu seiner Zeit die nötigen Vorbedingungen für solch ein kühnes Wagnis noch nicht gegeben waren. Ein Zeichen jener Zeit aber ist es, wenn er sagt: „Gott hat mit Rücksicht auf den voraussichtlichen Uebermut der Luftfahrer den bezüglichen Anstrengungen der Menschen einen Riegel vorgeschoben:

„Itaque hic pessulum, ut sic dicam, humanis conatibus obdidit Deus: et merito quidem, quia hominum *ἀεροστατούντων* malitia coërceri non posset.“ [1])

Hierin hat also Leibniz mit den Fortschritten der Wissenschaft und Technik nicht gerechnet. Dafür müssen wir bei der Lehre von der Atmosphäre konstatieren, dass die Erfindung des Aneroidbarometers auf Leibniz zurückzuführen ist. Er regte den Gedanken zuerst an; nur schade, dass er ihn nicht praktisch verwirklichte. In einem Briefe an den Erfinder Papin schreibt er:

„Man spricht von einem tragbaren Quecksilberbarometer; ich aber glaube, man könnte ein Barometer ohne Quecksilber herstellen, „par une manière de souflet bien fermé“, mit Benützung einer gut geschlossenen (luftdichten) Blase.“[2])

Noch deutlicher weist er an einer anderen Stelle auf die Luftdruckberechnung durch die Pressungsfähigkeit einer Blase hin; er berichtet darüber an Johann Bernoulli: „Ich dachte einmal über ein tragbares Barometer nach, welches in der Gestalt einer Uhr in der Tasche mit genommen werden könnte; es soll kein Quecksilber enthalten, dafür aber einen „follis“, einen Schlauch (Blasbalg), welcher hinreichend luftdicht verschlossen werden und mit Hilfe einer Blase (vesica) hergestellt werden könnte. Ein daran befestigter elastischer Stahlstreifen, welcher der Zusammenpressung der Blase durch

[1]) Miscellanea 1710, p. 125.

[2]) Gerland, Briefwechsel Leibniz' und Huygens' mit Papin, Berl. 1881, p. 222.

die Luft einen Widerstand entgegensetzt, würde den jeweiligen Luftdruck anzeigen: „fungitur follis, quem pondus aëris comprimere conatur, elastro aliquo chalybeo resistente.“[1])

Müssen wir nun auch bedauern, dass viele der erfinderischen Anregungen Leibniz' in der Praxis nicht ausgeführt wurden, so können wir doch das erfinderische Genie unseres Autors bewundern.

Mit Recht hat das auch der bayerische König Ludwig I. erkannt und Leibniz deshalb einen Platz unter den Unsterblichen in der Walhalla eingeräumt mit der Widmung:

„Dem Weisen, Erfinder und Staatsmann.“ [2])

VI. Gründe für die Notwendigkeit der Kugelgestalt der Erde.

Die Lehre von der Kugelgestalt der Erde stand bereits seit Aristoteles, von einigen Jahrhunderten im Mittelalter abgesehen, im allgemeinen fest und wurde dann im 17. Jahrhundert durch die verschiedenen Pendelversuche, durch Gradmessungen und durch Newtons Gravitationstheorie dahin ergänzt, dass die Erde an den beiden Polen abgeplattet sei.

Die Ursache aber für die Kugelgestalt unserer Erde wurde von keinem Gelehrten bis auf Cartesius näher untersucht; Leibniz war es vorbehalten, im Anschluss an die Gedanken des ersteren, eigentliche Gründe für die Notwendigkeit der Kugelgestalt bei der Formung der Erdmaterie aufzustellen.

Die Kugelgestalt ist eine Folge der aus der Aetherbewegung resultierenden Kräfte und der daraus entstehenden Reaktion der Erdmaterie.

So schreibt Leibniz an Huygens: „Warum sollte sich auch die Rundung der Tropfen, die Schwere der Welt-

---

[1]) Pertz III, III, p. 692, 695 und 703.

[2]) Guhrauer, Vorr. p. XVIII.

körper und die Anziehung der Planeten nicht vereinigen lassen; es ist wahrscheinlich, dass die Schwere von derselben Ursache kommt, welche die Erde und die Tropfen rundet, d. h. von der Kreisbewegung des allseitig umgebenden Stoffes."[1]) Der das Weltall erfüllende Aether ist durch die Wärme in fortwährender Bewegung, wie die Materie von Anfang an gleichsam unendlich und allseitig bewegt ist.[2]) Und zwar wird die Materie der Körper durch die Unendlichkeit der allseitigen Bearbeitung geformt und geordnet.

Was speziell die Bewegung des Aethers betrifft, so ist sie, wie schon oben erwähnt, eine bullitio, ein Fliessen[3]) oder eine Blasenbildung; es ist eine Kette von entstehenden und vergehenden Bläschen und Kügelchen, welche uns die Teilchen dieses feinen Fluidums darstellen, und die ihrerseits durch Verbindung und Bewegung Kreise beschreiben.[4])

Stossen nun die Aetherbläschen und Aetherwellen auf ihrem Wege auf festere Körper, als sie selbst sind, so legen sie sich in Tropfenform an dieselben an, suchen dieselben zu entfernen, zu teilen oder ihnen eine grössere Feinheit zu geben.

Diesen Anstrengungen des Aethers gegenüber werden sich die Teile des festen Körpers enger an einander schliessen, um dem Fluidum den Weg nach innen zu versperren; von aussen freilich müssen sie unendlich viele Aetherstösse aushalten, aber gerade dadurch werden sie gegen einander gedrückt und unter sich verfestigt.[5])

Denn bei den vielen durch den Aether hervorgerufenen Wirbelbewegungen der festeren Teilchen der Materie werden

---

[1]) Pertz III, II, p. 133.

[2]) „La matière est agitée d'une infinité de façon de tous cotés", l. c. p. 142.

[3]) „Aetheris motu liquefaciente in perpetuae agitationis fluxu"; Pertz II, 1, p. 151.

[4]) l. c. p. 150 ff.: . . . „quae globos aut gyros ampliores constituunt . . ."

[5]) Pertz III, II, p. 142.

sich die einen gegen einen Punkt hin sammeln, die anderen sich von diesem Zentrum entfernen; teilweise wird ja der Aether in die anfangs noch nicht kohärente Masse eindringen und die einzelnen Stoffe von unten nach oben ordnen. Allmählich aber werden die äusseren Teilchen eine solche Lage gegen einander einnehmen und sich so zusammenschliessen, dass sie den andringenden Aetherwirbeln möglichst wenig Widerstand und Angriffsfläche entgegensetzen; so ergibt sich eine runde, kohärente Oberfläche, die Kugelform der Erde.[1])

Dabei ist demnach wohl zu beachten, dass Hand in Hand mit der Bildung der Kugelgestalt sich der Uebergang vom flüssigen zum festen Zustand und eine fortwährend stärkere Verfestigung vollzieht.[2])

Leibniz zeichnet die beiden Vorgänge der Rundung und Verfestigung recht treffend im Eingang der Protogaea: „quidquid per se formatur, insensibiliter aut concrescit per particulas aut pro sese disponentium delectu conflictuque tornatur; was sich durch sich selbst bildet, verdichtet sich unmerklich aus einzelnen Teilchen oder (und) rundet sich durch die Anziehung oder Abstossung der Teile gegen einander."[3])

Die Rundung der Materie in und durch bewegte Flüssigkeit wurde in unserem Jahrhundert von Plateau anschaulich gemacht, indem er einen Oeltropfen in Weingeist rotieren und sich dadurch runden und abplatten liess.

Aber auch Leibniz wies schon auf ein Analogon hin, das uns den Vorgang im kleinen immer noch vor Augen führe. Es sei dies die Skjärenbildung bei Stockholm. Leibniz sagt, an der Felsenküste Schwedens entstünden noch immer kleine Inselchen, die „Scarae" (Skjären). Es sammle sich Erde und Schlamm um irgend einen Anhalts-

---

[1]) Pertz II, I, p. 148.

[2]) cf. l. c. p. 150: „Cum enim liquidum sit, quod habet in se motum varium, solidum vero, quod conspirantem".

[3]) Protogaea, p. 2.

punkt (Strohhalm, Spreu), und das Meer verdichte und runde die Schwemmungsmaterie durch seine dortige Wirbelbewegung.[1])

Damit verlassen wir Leibniz' System der Aetherkreiswellen und gehen zu seinen speziellen geophysikalischen und zu seinen geologischen Anschauungen über.

VII. Ursprung der Erdmaterie.

Schon im Altertum waren von Strabo und Seneca Ansichten über die Erdentstehung ausgesprochen worden, welche zu einer gesunden Naturbeobachtung und zu einer vernünftigen Theorie hätten führen können. Aber das mittelalterliche Kirchentum unterdrückte, von einigen Kirchenvätern wie Gregor von Nyssa und St. Augustin abgesehen, all die darauf bezüglichen Anregungen und Hypothesen.

Erst am Beginn der Neuzeit knüpften klar und weit sehende Männer wieder an das Altertum an und gaben uns die ersten physikalischen, speziell geologischen Aufschlüsse über die Erde, so der Maler und Geometer Lionardo da Vinci, der bekannte Philosoph Giordano Bruno und der Jesuit Athanasius Kircher in seinem „Mundus subterraneus."[2]) Nach einer längeren Pause beschäftigten sich von neuem mit ähnlichen Fragen im 17. Jahrh. Hooke und Descartes, besonders aber Steno, der durch sein Büchlein: „De Solido intra Solidum naturaliter contento" die erste Schichtenlehre gab, und vorzüglich der „erste Geograph" Varenius in seiner „Geographia generalis", einer Schrift, die als das Fundamentalwerk der Geophysik geschätzt ist[3]) und besonders die Morphologie der Erdoberfläche zum erstenmale gründlich behandelt.

---

[1]) Protogaea p. 25; hauptsächlich freilich sind die Skjären Felsinseln.

[2]) cf. v. Zittel, Geschichte der Geologie, München und Leipzig 1899, p. 30 f.

[3]) l. c. p. 32.

Unser Leibniz aber verbindet beide, die Morphologie des Varenius und die Geotektonik des Steno, ergänzt und erweitert besonders letztere, so dass er hierin der Vorläufer der modernen Geologie wird, wie denn seine Theorien im grossen und ganzen noch heute die Grundlagen der modernen Wissenschaft bilden, was wir im Verlaufe unserer Ausführungen sehen werden.

Die Hauptquelle für die geologischen Ansichten Leibniz' ist seine „Protogaea", von ihm auch „Geographia naturalis" genannt. Sie entstand handschriftlich im Jahre 1691 als eine Vorarbeit, als geologische Vorhalle seiner historischen Untersuchungen über das welfische Herzogtum Braunschweig. Ein Auszug derselben erschien im Jahre 1693 in den Acta Lipsiensium.[1]) Vollständig im Drucke veröffentlicht wurde sie erst nach dem Tode Leibniz' im Jahre 1749 von Chr. L. Scheid.[2])

Angeregt wurde Leibniz zu dieser Schrift durch seine Erfahrungen in den Bergwerken des Harzes und durch seine Reisen nach Ungarn, Istrien und Venedig. Bemerkenswert ist, dass Leibniz zum Ausgangspunkt seiner Untersuchungen vaterländische Versteinerungen, nämlich die des Harzes, nimmt. In dieser Hinsicht ist es eine ganz selbständige Arbeit. Freilich benützt er dann später die vorausgegangene und die zeitgenössische Litteratur, so Lionardo und Descartes, besonders aber Agricola, Lachmund und Steno, deren er selbst ausdrücklich erwähnt.

Nichtsdestoweniger übertrifft er alle seine Vorgänger und eilt seiner Zeit so weit voraus,[3]) dass das folgende Jahrhundert seinen Ansichten weder folgen, noch sie festhalten konnte, ja so weit, dass Leibniz' Ausführungen erst in unserem Jahrhundert verstanden und gewürdigt werden können.

---

[1]) Acta 1693, p. 40.

[2]) Protogaea sive de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis in ipsis naturae monumentis dissertatio ed. Chr. L. Scheidio, Göttingen 1749.

[3]) cf. Peschel-Ruge, Geschichte der Erdkunde, München 1877, p. 709.

Nicht nur, dass er ein unabhängiges, vollständig durchdachtes und durchgeführtes System der Erdentstehung und Erdveränderung aufstellte, das sich harmonisch an seine Erdbewegungstheorie anfügte, er war auch der erste, der im Unterschied zu Descartes, Steno und Varenius besonders die **chemischen Kräfte und Wirkungen** bei der Erdbildung hervorhob; so vergleicht er die Vorgänge dabei mit den Vorkommnissen in den Schmelzöfen, stellt den Satz auf: „La nature n'agit pas per saltum"[1], und bezeichnet die Natur als eine „ars quaedam magna", als „chemisches Laboratorium"[2].

Diese letzte Vorstellung, aber auch sein entschiedener Bruch mit einer einzigen Flut hätte Leibniz in Konflikt bringen können mit seiner Zeit und der damals in katholischen und protestantischen Kreisen noch fast uneingeschränkt herrschenden, verbalistischen Bibelauslegung; da er indess von konziliatorischen Ideen erfüllt und vielleicht von der Absicht durchdrungen war, die Anerkennung der Sorbonne in Paris zu erhalten, war Leibniz so zurückhaltend und vorsichtig, dass niemand an seinen Aufstellungen ernstlich Anstoss nahm; für uns freilich ist er oft zu vorsichtig, ja selbst unklar.[3])

Wir müssen deshalb bei unseren Untersuchungen immer etwas weiter als Leibniz gehen und nachforschen, was er in seinen versteckten Sätzen für Hypothesen aufstellen will.[4])

Bei Betrachtung der Erdbildung geht Leibniz von dem schon obengenannten Prinzip aus: „Die Natur macht keine Sprünge". Er sieht also in der jetzigen Form der Erde nur das Resultat einer fortlaufenden Kette von Veränderungen.

Die Erdmaterie ist durch Erkaltung aus dem Feuerfluss entstanden. Er sagt in der Protogaea allge-

---

¹) Pertz III, II, p. 310.

²) Protogaea, p. 4, 18, 20.

³) cf. v. Zittel, p. 37 und Guhrauer I, p. 277.

⁴) cf. Descartes' scheinbare Lehre von der Ruhe der Erde — aus Furcht vor der Zensur der Kirche; siehe bei Kirchmann, l. c. p. 93 ff.

mein: „Firma ex liquido induruisse", das Feste ist aus Flüssigem erstarrt[1]), und zwar durch Verlust einer gewissen Wärmemenge. Die Resultate der Erstarrung sind die „glasige" Beschaffenheit der Erdmaterie, die vulkanischen Erscheinungen und das im Inneren der Erde aufgespeicherte Feuer.

So heisst es in der Protogaea: „Als unser Erdball noch in Flammen stand"[2]), und in einem Briefe an den Erfinder Papin ist von einem Brennen unsrer Erde[3]) die Rede.

Durch Erkaltung aber bedeckte sich die Erde mit ausgekochter und ausgeschäumter Materie und erhielt so eine Rinde erstarrter Schlacken, während sie im Inneren noch eine verminderte Hitze einschliesst.

„So entstanden", sagt Leibniz, „die Sterne, die selbst dunkel sind, aber fremde Strahlen zurückwerfen, die Planeten."[4])

Da lässt nun Leibniz, was uns sympathisch berührt, die Schilderung der Schöpfung, wie sie uns die Bibel gibt, einsetzen, indem er sagt, das sei die „separatio lucis et tenebrarum," das sei die „Trennung des Lichtes von der Finsternis" in der hl. Schrift.

Leibniz aber bleibt nicht dabei stehen; er geht in versteckten Sätzen weit über die Bibel hinaus und nähert sich dadurch der von Laplace begründeten Weltbildungstheorie; ja man darf sagen, er wird der Vorläufer dieser Hypothese; dies will wohl auch v. Zittel andeuten durch die Zusammenstellung der Erdtheorien von Descartes, Leibniz und Kant-Laplace. Denn wenn auch Leibniz direkt nur sagt, dass die Erde durch Erkaltung aus Feuerfluss entstanden sei, so legen doch verschiedene Aeusserungen von ihm, zusammengenommen mit seiner

---

[1]) Protogaea, p. 2 ff.
[2]) l. c. p. 6.
[3]) cf. Gerland, p. 340.
[4]) Protogaea, p. 3 und Kortholdt I, p. 233; cf. v. Zittel, p. 760.

Aetherwellentheorie, die Wahrscheinlichkeit nahe, dass er die Planeten, speciell die Erde, als erloschene Fixsternmaterie, als Ausstossung der Sonne, betrachtet wissen will.

Bedeutsam sind hier mehrere schon früher erwähnte Stellen in Briefen, so an Huygens: „Die Materie ist heftig bewegt von einer Unendlichkeit allseitiger Bearbeitung, welche die Körper formt und ordnet";[1]) ferner: „Anziehungs- oder Erleuchtungsstrahlen sind identisch, indem sie den Körper anziehen oder wieder hinausstossen";[2]) gerade auf das letzte Wort muss man Gewicht legen. Besonders aber scheinen uns folgende Stellen Leibniz' versteckte Ansicht wiederzugeben: „Es gibt unter den unendlich vielen zwei hervorragende Erdpole, um welche sich die Materie der Erde, einem gewissen Zuge der Materie des grossen Sonnensystemes folgend, angeschlossen hat."[3]) Ferner spricht er von der Erstarrung des Festen aus dem Flüssigen durch Wärmeabnahme. Diese Wärme oder innere Bewegung stammt aber vom Feuer oder Licht, d. h. „vom feinsten, alles durchdringenden Gase, tenuissimo spiritu permeante"[4]). Eine weitere eigentümliche Stelle finden wir in einem Briefe an Arnauld: „Totus globus noster in perpetuo fluxu a luce constituitur", unser ganzes Weltall wird in beständigem Flusse vom Lichte geschaffen.[5])

Es bezieht sich das auf das Weltall im allgemeinen, im besonderen aber auf unseren Edball. So dürfen wir mit Recht eben jene Ansicht „einiger Weltweiser," welche Leibniz in der Protogaea anführt, als seine eigene innerste Ueberzeugung ansehen, die er nur aus Scheu vor kirchlichen Konflikten nicht offen auszusprechen wagte. Er sagt

[1]) Pertz III, II, p. 142.
[2]) l. c. p. 134.
[3]) Pertz III, I, p. 144.
[4]) Protogaea, p. 2; das Wort spiritus wird damals schon in dem Sinne „feineres Feuer, Gas" gebraucht.
[5]) Pertz II, I, p. 151.

nämlich dort, es sei die Ansicht einiger, dass gewisse grosse Weltkörper (ursprünglich) selbst geleuchtet hätten oder aus ihrer Sonne ausgestossen worden seien: „globos quosdam mundi ingentes per se lucerent aut ex sole suo ejecti essent".[1]) Einen ähnlichen Vorgang sieht er in der zeitweisen Verdunklung der Sonne durch die Anhäufung von Flecken.

Leibniz betrachtet also die Erde als Abschleuderung aus der Gasmasse der Sonne; im weiteren Verlaufe ist sie feuerflüssig geworden und schliesslich von der Oberfläche an nach innen zu erstarrt; denn die Ausscheidungsmasse des Feuermeeres erhält sich wie die Haut beim Schmelzprozess des Metalles oben schwimmend und verdichtet sich immer mehr, während sich die noch feurige Materie ins Innere der Erde zurückzieht.

In den Darlegungen über das Entstehen der Erdkruste, insbesondere der Gebirge, geht Leibniz wieder weit über die Ansichten seiner Zeitgenossen, auch über die Aufstellungen des grossen Varenius hinaus und gibt uns durch harmonische Verschmelzung des Plutonismus und Neptunismus eine Theorie, welche unserer modernen Anschauung in überraschender Weise nahe kommt.

Das Produkt der Verbrennung und Erstarrung an der Erdoberfläche waren glasige Schlacken, wie sich auch im Schmelzofen oben eine Schlackensubstanz bildet; so ist die Glassubstanz gleichsam die Grundlage unserer Erde; „omnis ex fusione scoria vitri genus est" und „vitrum esse velut terrae basin".[2])

Alle Erd- und Gesteinsarten stellen im Feuer als Verbrennungsprodukte Glas dar, desto eher, je mehr man auf die ursprüngliche Art des Gesteins zurück-

---

[1]) Protogaea, p. 3.
[2]) Protogaea, p. 4 ff.

greift. Sogar das Knochengerüst der Erde, jene nackten Felsen und unverwüstlichen Gesteinsblöcke, sind nur aus dem Schmelzfluss erstarrte Massen [1];) auch der Kalkstein lässt sich im Brennspiegel in Glas umwandeln. Ebenso ist es leicht begreiflich, warum die grossen auf und in der Erde enthaltenen Sandmassen leicht zu Glas verwandelt werden können, wenn zu des Feuers Kraft noch salzige Bestandteile hinzutreten; die Sandkörner sind ja bei näherem Zusehen durchsichtige Steinchen, d. h. Kieselkörnchen (fluores) und werden nur wieder zu dem, was sie zu Anfang waren. [2])

Was die Entstehung der Edelsteine betrifft, so meinten damals Einige, dass sie aus Wasser hervorgegangen seien, andere aber, dass Kieselsubstanz der Grundstoff derselben sei und ihre Entstehung aus dem Schmelzprozess (fusio) hergeleitet werden müsse. Dem gegenüber sagt Leibniz, die Edelsteine nähmen ihre regelmässigen Formen durch krystallisierende Kälte an, aber nicht nur aus Wasserfluss, sondern auch aus Feuerniederschlag (fumus); ähnlich hält er die Bildung von einer Art Rubin, Karfunkel von ihm genannt, aus Operment (auripigmentum) infolge des langsamen Erkaltens aus Feuerfluss für möglich; ebenso könne die Natur auch aus thoniger Materie Schiefer oder Alabaster herstellen (coquere), wie wir im Schmelzofen Tiegel aus Porzellanerde bereiten. [3])

Die Erde konnte damals durch die erste, ungeheure Kraft des Feuers vieles zum Schmelzen bringen und durch das lang andauernde, langsam abnehmende Feuer viele grosse Wirkungen hervorbringen, was der Gegenwart nicht mehr gelingt; die Materie ist an sich gleich und kann jedwede Form annehmen. Letzte unveränderliche Elemente gibt es nicht, wenn auch der Menschenkraft jetzt noch vieles unmöglich erscheint, und in prophetischem Geiste sagt er weiter:

---

[1]) Dass diese Auffassung — zumal in dieser allgemeinen Ausdrucksweise — nicht zutrifft, leuchtet ein.

[2]) Protogaea, p. 5.

[3]) l. c. p. 22.

„Die menschliche Kunst wird aber allmählich neue und unerhörte Dinge zustande bringen".[1])

Was diese Worte für unsere Chemie im allgemeinen bedeuten, brauchen wir nicht zu erklären, wie wir auch seinen Worten nichts hinzuzufügen haben in bezug auf die specielle Erfüllung seiner Voraussage durch Verflüssigung der verschiedenen Gase.

Am Schlusse sei nur noch festgestellt, dass Leibniz wie wir die unterste Schicht der Erdrinde, die Urgebirge (azoische Formation), schlechthin als „glasige", wir würden sagen, krystallinische Masse, betrachtet. „Freilich sind", sagt Leibniz, „die Spuren krystallinischen Charakters oft verwischt, da wo die Materie zu Tage tritt; denn da wird die glasige Masse durch verschiedene Naturkräfte wie Wasser, Feuer oder Wind zerrieben und in die Luft entführt."[2])

VIII. Ursprung der Gewässer.

Wir haben oben bereits gehört, dass die Dunstmassen einen wichtigen Bestandteil der Luft darstellen, aber auch für unsere Erde von grosser Bedeutung sind, da sie in Form von Niederschlägen wieder dorthin zurückkehren, von wo sie aufgestiegen waren.

Genau so, wie sich hier der Kreislauf des Wassers kundgibt, schildert uns Leibniz den Ursprung desselben am Anfange aller Dinge.

Wie gebrannte Gegenstände Feuchtigkeit anziehen, wenn sie mehr und mehr kalt werden, so bildete sich auch, als unser glühender Erdball sich allmählich abkühlte, über demselben eine ungeheure Dampfmasse, welche in die Luft, resp. in den Aether hinausgestossen wurde. Diese Dämpfe verdichteten sich aber immer mehr und stürzten nach einer weiteren Abkühlung der Erde als grosse Wasser-

---

[1]) Protogaea, p. 4 u. Pertz III, III, p. 81.
[2]) Protogaea, p. 5; Wirkungen der Erosion und Denudation.

mengen auf dieselbe herab, alles bedeckend und auslaugend, so dass alles unter Wasser gesetzt war: „ut omnia ignis corripuit, omnia aqua mersa censentur".[1])

Das Wasser laugte die Erdoberfläche aus und entzog vielen Stoffen besonders die salzigen Bestandteile und nahm sie in sich auf; so entstand das eigentliche (salzige) Meerwasser; „ex hoc salsi maris origo".[2])

Aber auch das über die Erde dahinfliessende Wasser verarbeitete und zerrieb viele mineralische und metallische Stoffe und verwandelte viel glasige Materie in Sand und Kies; später bei Eintritt einer gewissen Ruhe liessen die Gewässer diese aufgelöste Materie zu Boden sinken; allmählich verdichtete sich dieselbe und verhärtete sich zu Stein, so dass erdige und glasige Materie auch aus dem Wasser entstand, wie Leibniz dies mit den Worten ausdrückt: „terrestria et vitrescentia gigni ex aquis".[3])

Nach und nach aber verlief und verlor sich ein Teil der Gewässer durch unterirdische Zugänge in das Innere der Erde; denn dort hatten sich bei der Erkaltung der Erde zahlreiche Blasen, d. h. Hohlräume gebildet. Der andere Teil des Wassers aber floss vermöge seiner Schwere an die tiefer gelegenen Stellen und setzte sich in den Einbrüchen der Erdrinde fest; so entstanden die ersten Meeresbecken.

Durch diesen Abzug der Gewässer wurden aber auch die ersten trockenen, festen Stellen sichtbar, die bereits den Wechsel von Berg und Thal zeigten. „Secundus gradus liquidorum discessio a siccis", das ist dann nach der Bibel die Scheidung des Flüssigen und Trocknen.[4])

Leibniz ist aber mit dieser und einer späteren allgemeinen Flut nicht zufrieden. Gerade dadurch unterscheidet er sich aufs vorteilhafteste von

---

[1]) Protogaea, p. 9 u. Kortholdt I, p. 232.
[2]) Protogaea, p. 9.
[3]) l. c. p. 4 u. 7.
[4]) Protogaea, p. 7.

den meisten seiner Zeitgenossen[1]), dass er eine mehrmalige Ueberflutung der Erdoberfläche annahm und die damals schon bekannten Spuren der Meeresbedeckung nicht einer einzigen Flut, sondern all diesen verschiedentlichen Ueberschwemmungen zuwies.

Er hat freilich auch diese öftere Unterwassersetzung in der „Protogaea" durch Unklarheiten zum grossen Teil verhüllt, doch wird uns eine Zusammenstellung seiner hierauf bezüglichen Aeusserungen seine wahre Ansicht klarlegen. In den Miscellanea Berolinensia schreibt er: „Caeterum ut quaedam Diluvio Noachio posteriora, ita plurima anteriora esse crediderim";[2]) Leibniz glaubt, dass die meisten Umwälzungen und Veränderungen an der Erdoberfläche infolge von Ueberschwemmungen der Noachischen Flut voraufgegangen sind; etwas Aehnliches sagt die Stelle in der „Protogaea": „Plurimae mutationes globi nostri post primam creationem".[3]) Deutlich aber kennzeichnet er den Einfluss der Ueberflutungen bei der Gestaltung und dem Aufbau der Erdoberfläche durch folgende zwei Sätze: „Itaque incendiis et inundationibus varie transformata sunt corpora"[4]), und „secutae inundationes, quae cum deinde rursus sedimenta per intervalla deponerent;"[5]) es folgten Ueberschwemmungen, welche dann wieder in Zwischenräumen Schichten ablagerten.

Sollte Leibniz unter diesen „inundationes" auch vielleicht noch partielle Unterwassersetzungen meinen, so nimmt er für dieselben grosse Erdräume[6]) und lange Zeitabschnitte in Anspruch.

Die Niederschläge dieser Wasserbedeckungen sind nicht bloss Kies, Sand und Schlamm, sondern auch erdiger, glasiger, d. h. felsiger Beschaffenheit. Es finden

---

[1]) cf. Scheuchzers ängstliches Festhalten an einer Sintflut im Jahre 1726.

[2]) Miscellanea 1710, p. 119.

[3]) Protogaea, p. 7.

[4]) l. c. p. 8.

[5]) l. c. p. 7.

[6]) Protogaea, p. 8.

sich noch deutliche Spuren der ehemaligen Unterwassersetzung in der Form von Tier- und Pflanzenversteinerungen [1]) und in Funden von Bernstein und Salzlagern tief im Lande, teilweise tief in der Erde.

Davon soll ausführlicher weiter unten die Rede sein.

Hier muss die Frage nach den Ursachen der verschiedentlichen Ueberflutungen erörtert werden, d. h. nach dem Ursprung der dazu erforderlichen ungeheuren Wassermassen.

Leibniz hält nur das Austreten der grossen Ozeane für eine hinreichende Ursache; denn Regengüsse allein könnten die vielen und grossen Fluten nicht erklären. [2])

In der Beantwortung der eigentlichen Frage, warum und wie ergossen sich die Meere über die ganze Erde, gingen die Ansichten der damaligen Gelehrten weit auseinander. Einige nahmen eine Aufblähung des Wassers an durch Winde, unterirdische Dämpfe oder Gase, Andere einen Ausbruch des Meeres durch Vorübergang eines Kometen oder durch eine Annäherung des Mondes; wieder Andere endlich dachten an eine Verschiebung der grossen Wasser- und Landmassen infolge Schwankens des Gravitationsmittelpunktes oder durch Veränderung der magnetischen Anziehungs- und Richtkraft; diese letzteren gingen dabei von der Anschauung aus, dass der Magnetismus von einem Körper im Inneren unsres Erdballs stamme, und dass derselbe, wie der Kern in der Nuss, nicht ohne eigene Bewegung gedacht werden könne. [3])

All diesen Erklärungen gegenüber verhält sich Leibniz ablehnend; er seinerseits begründet die Fluten nur mit dem Einsturz von Bergen und unterirdischen Ge-

---

[1]) cf. Peschel-Ruge, p. 709: „Ihm (Leibniz) galten die Versteinerungen von Seethieren als Zeugen ehemaliger Meeresbedeckungen".

[2]) Protogaea, p. 10 ff.

[3]) Protogaea, p. 9 ff.

wölben; er ist so der erste, der in jener Zeit auf geotektonische Ursachen zurückgeht und dadurch ein tiefes Verständnis bekundet für den Aufbau und die Beschaffenheit unserer Erde. Das erkennt auch A. v. Humboldt unumwunden[1]) in seinem Kosmos an. „Sufficit fornix", sagt Leibniz;[2]) damit meint er, es genüge, um die Unterwassersetzungen zu begründen, der Einsturz von Gewölben.

Bei Erkaltung der Erde bildeten sich vielfache Blasenräume, in denen Dämpfe oder Gase eingeschlossen waren, in welchen aber auch noch Wasser von dem Rückzug der ersten Gewässer enthalten sein konnte. Durch den Druck der aufgelagerten Materie oder des Wassers oder auch durch Spannung der in den Höhlen eingeschlossenen Dämpfe stürzten die Gewölbe zusammen und ergossen grosse Wasserfluten über die Erde hin. Da aber von der Erstarrung der Erdrinde her steile, zum Teil überhängende Felsstücke barsten und in die Wasserbecken fielen, grosse Erdmassen mit sich reissend, so traten die Meere über ihre Ufer und überdeckten alles mit Wasser, so dass die Fluten an den höchsten Bergen hinanstiegen.[3])

Auf ähnliche Weise ist auch der Abzug der jedesmaligen Gewässer und die Trockenlegung der Erdoberfläche zu erklären. Die Zurückführung auf Verdunstung allein wäre ungenügend; aber die Wassermengen drückten wieder nach einwärts die Gewölbe zusammen und verloren sich durch Spalten und Schlünde in das Erdinnere: „Ita priore rupto (sc. fornice) aqua in montes ascenderit, mox posteriore fracto in abyssum ulteriorem penetravit", wie das Wasser durch Einbruch des ersten Gewölbes an den Bergen emporstieg, drang es nach Einsturz des letzten in die Erdtiefen[4]) ein.

Alle diese oftmaligen Unterwassersetzungen aber führten Sedimente mit sich und liessen allmählig erdige und glasige

---

[1]) Humboldt, Kosmos IV, p. 370.
[2]) Protogaea, p. 12.
[3]) l. c. p. 6 u. 11.
[4]) Protogaea, p. 11 f.

Materie aus sich entstehen; „terrestria et vitrescentia gigni ex aquis", wie wir oben schon hörten; die Gewässer waren also neben dem Feuer die Erbauer der Erdrinde. So deutet Leibniz durch die Schilderung der Vorgänge allein schon den doppelten Ursprung der Erdoberfläche an; er behauptet ihn jedoch auch ausdrücklich an mehreren Stellen.

„Duplex origo intelligitur firmorum corporum, una cum ab ignis fusione refrigescerent, altera cum reconcrescerent ex solutione aquarum"; die feste Materie (an der Oberfläche) verdankt ihre Entstehung entweder der Erstarrung aus dem Feuerfluss oder der Verdichtung aus wässerigen Lösungen.[1]

O. Peschel weiss diese Verbindung von Plutonismus und Neptunismus in seiner Geschichte der Erdkunde wohl zu würdigen, indem er schreibt: „Weit an Einsicht seinen Zeiten vorauseilend, unterschied G. W. Leibniz im Jahre 1691 bereits eine Thätigkeit innerer Glutherde von den Schichtenbildungen des Wassers".[2] Leibniz stellt so das plutonisch-krystallinische Gestein dem sedimentär-erdigen gegenüber.

Allein Leibniz geht noch weiter; er spricht damals bereits von einer Verbindung der bildenden Kräfte des Feuers und Wassers; er steht damit unter seinen Zeitgenossen wieder allein und spricht unsere moderne Anschauung aus.

Die hochbedeutsamen Worte lauten bei ihm: „quaedam igni soli, alia soli motui aquarum et sedimentis deberi diximus, ita interdum caloris et aquae iunctas operas requiri ostendamus";[3] Einiges wird vom Feuer allein geschaffen, wobei die Vorgänge als „fusio oder sublimatio", als „Guss oder Verdichtung" anzusehen sind; Einiges aber nimmt seinen Ursprung von der Bewegung des Wassers und dessen Sinkstoffen, und zwar durch „praecipitatio und crystallismus", d. h. durch

---

[1]) Protogaea, p. 7.
[2]) Peschel-Ruge, p. 709.
[3]) Protogaea, p. 28.

Dämpfe[1]) oder auch Salze im Laufe der Zeiten in schiefrige Lagen verwandelt worden; darüber hätte sich harter Fels und zuletzt Thon gelagert; endlich entstand der dritte Teil, die schwarze Erde, welche die Menschen nun bebauen.[2])

Der ganze Zusammenhang, besonders aber die letzten Worte vom „Fels unter Thon", scheinen darzuthun, dass Leibniz hier an dieser Stelle mit den drei Erdschichten nur drei grosse Hauptgruppen meint, nämlich das krystallinische Erstarrungsgestein, die sedimentären Schichten und das Anschwemmungsland.

Wenn wir ferner Leibniz' Angaben über die Harzbergwerke und über gewisse durch Brunnen erschlossene Schichtfolgen durchmustern und sie in Zusammenhang bringen mit den früher beim Aufbau der Erdrinde erwähnten, so werden wir finden, dass Leibniz für seine Zeit, in welcher man noch so wenig tief ins Erdinnere eingedrungen war, doch schon eine nicht geringe Anzahl von Schichten kennt; wir können nach den Ausführungen bei ihm folgende zusammenstellen:

Ackererde, Schlamm, Sand und Kies;
Thon (argilla);
Fels (damit sind wohl die verschiedenen Kalkgesteine gemeint);
Schiefer der verschiedensten Art (ardesia);
neptunisch-erdige Sedimentgesteine;
neptunisch-glasige Sedimentgesteine;
plutonisch-krystallinisches Gestein (krystallinische Erstarrungsschicht).[3])

Die einzelnen Schichten nennt Leibniz, vom Typus der Schichtungsstruktur, dem Schiefer, ausgehend: „folia, strata[4]), Blätter, Decken, Lagen (bei den Oberdeutschen Layae ge-

---

[1]) Dies erinnert an v. Buchs Theorie, wonach aus Kalk durch aufsteigende Magnesiadämpfe Dolomit geworden wäre; vergleiche auch die Lehre vom „succus lapidescens" bei v. Zittel, p. 17.

[2]) Protogaea, p. 35 u. 14.

[3]) cf. v. Zittel, p. 760.

[4]) Protogaea, p. 29.

nannt)". Zu Tage treten die einzelnen Schichten vorzüglich in Bergwerken, Thälern, Hohlwegen, Bergabhängen und Brunnen.

Was die Zeitdauer des Aufbaues der Erdrinde betrifft, so weicht er hier, wiewohl sonst ängstlich bemüht, seine Erdtheorie nicht in Konflikt mit dem mosaischen Schöpfungsbericht zu bringen; klar und bestimmt von dem buchstäblichen Sechstagewerke ab und sagt, dass durch die Ueberflutungen, welche in gewissen Zwischenräumen erfolgten, verschiedene Ablagerungen vor sich gingen;[1]) auch den Wechsel der verschiedenen Schichten in den einzelnen Zwischenräumen kennt er, indem er schreibt: „Die Schichten bezeugen die Abwechslung und die Zwischenräume der verschiedenen Ablagerungen."[2])

Die „Schichtenbildung in Zwischenräumen" hebt auch wieder Peschel rühmend bei Leibniz hervor, indem er sagt: „Er erriet, dass die Ueberlagerung verschiedener Schichten verschiedenen Zeiten des Niederschlages angehöre".[3])

Die Gliederung und Aufeinanderfolge der Schichten ist ursprünglich eine wagrechte, ebene, parallele und zusammenhängende gewesen; denn „was ist natürlicher", schreibt Leibniz,[4]) „als dass Alles bei der Erstarrung aus dem Feuerfluss oder bei der Verdichtung aus der Wasserablagerung seine Lage nach der Schwere (Wasserwage) einnahm", also eine horizontale Ebene darstellte.

Und doch trat gleich zu Anfang schon eine Schichtenstörung ein; denn gerade die verschiedene Schwere der Materie war die Ursache, dass sich die Teile der Erdoberfläche bei der Erstarrung verschieden lagerten. In noch grösserem Masstabe aber entstanden Unebenheiten durch die weitere Erkaltung der Erdrinde und durch die darauffolgende Zusammenziehung derselben; der Erd-

---

[1]) . . . „secutae inundationes, quae cum deinde rursus sedimenta per intervalla deponerent;" s. o. p. 46.

[2]) Protogaea, p. 7.

[3]) Peschel-Ruge, p. 709.

[4]) Protogaea, p. 35 u. 14.

ball wurde durch Erstarrung der feuerflüssigen Oberfläche kleiner, und die Erdrinde bekam Falten, Risse und Brüche, ein Vorgang, den wir in der Sprache der modernen Forschung als Verkürzung des Erdradius oder als Kontraktionstheorie bezeichnen.[1]) — Leibniz sagt in diesem Sinne: „Endlich ist glaublich, dass die sich durch Erkaltung zusammenziehende Rinde . . auch grosse Blasen (bullas) oder Höhlen zurückgelassen, wie dergl. bei Metallen geschieht, die durch Schmelzen (und Erkalten) poröser werden; ferner ist wahrscheinlich, dass diese Rinde sich in gewisse Blätter zerteilt nach Verschiedenheit der Wärme und Materie;[2]) ja gewisse Lagen barsten und stürzten ein: „inaequaliter subsedisse massas, quin et dissiluisse, fragminibus inclinatis."

So können wir als die schichtenstörenden Kräfte der ersten Zusammenziehung Faltung, Drehung (Neigung), Bruch oder Verwerfung feststellen[3]), wie sich auch die ersten Typen der Erdoberfläche damals bereits herausbildeten: Erhebungen, Einbrüche (Kessel, Becken und Thäler), Höhlen oder Gewölbe, in denen noch Dämpfe oder Gase (spiritus) eingeschlossen waren.[4])

Damit war aber die Erde noch nicht zur Ruhe gekommen: „es rührt nicht alle Unebenheit (scabrities) von der ersten Verhärtung (Erstarrung) her", schreibt Leibniz.[5]) Durch die verschiedenen Unterwassersetzungen wurden Schichten erdiger und „glasiger" Materie abgelagert und aufgebaut, wie wir oben bereits gehört. Diese Sedimente schmiegten sich den Erstarrungsschichten an; doch bald folgte durch die Kräfte einer „vis maior"[6]) eine neue, energische Störung des Schichtenaufbaues.

---

[1]) cf. Günther, p. 104.

[2]) Protogaea, p. 6 ff.; cf. v. Zittel, p. 450 u. Humboldt, Kosmos IV, p. 370.

[3]) cf. Günther, p. 100 und 110.

[4]) Protogaea, p. 6.

[5]) l. c., p. 8.

[6]) l. c., p. 15.

Unter dieser „vis maior“ versteht Leibniz einen Gewölbesturz oder Gewölbeschub. Er sagt, die überhängenden Gipfel der Berge und viele unterirdische Wölbungen (bullae) stürzten ein und bewirkten eine erneute Drehung oder einen neuen Bruch der Erdrinde: „Strata inclinata; — structura stratorum horizontalium nata ex superfuso interruendum liquido limo post indurato posterioribus ruinis interrupta.“ [1])

Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich dieser Vorgang der Schichtenstörung durch weitere Gewölbestürze später wiederholte, was ja Leibniz durch die Worte „posterioribus ruinis“ anzudeuten scheint. Gewiss ist jedenfalls, dass die Schichten durch vulkanische Erhebungen und bedeutende partielle Ueberschwemmungen noch verschiedentlich umgestaltet wurden.

Als Hauptschichtenstörungen können wir demnach bei Leibniz, im Unterschied zu Steno, die Zusammenziehung und den Gewölbesturz [2]) feststellen, die sich ihrerseits wieder in Faltung, Drehung und Bruch äusserten. Wenn nun auch Leibniz die eigentliche Faltung der Kettengebirge durch Kontraktion nicht im Sinne der Neuzeit kannte, so ist doch soviel sicher, dass unser Autor durch seine Theorien der heutigen Geologie eine brauchbare Basis geschaffen hat und den modernen Hypothesen nicht zu ferne steht, was auch Peschel und A. v. Humboldt bereits erkannten. [3])

---

[1]) Protogaea, p. 35.

[2]) vgl. mit der bis jetzt geltenden Kontraktionstheorie im Tertiär die Expansionshypothese Rothpletz'; bei v. Zittel, p. 479.

[3]) . . „ihm (Leibniz) galten die Aufrichtung ehmals wagrechter Schichten als Urkunden von Hebungen und Störungen der Erdrinde“; Peschel-Ruge, p. 709; cf. Humboldt, Kosmos IV, p. 370.

X. Vulkanismus, Erdinneres.

Die Vulkane sind nach Leibniz' Ansicht ungeheure „pyrophylaciae", [1]) Feuerherde oder auch Kamine, die in Verbindung stehen sollen mit den unterirdischen Feueröfen (cuniculi).

Diese Vulkanberge konnten sich durch die Vorgänge im Erdinneren gebildet haben; sowohl als die Erde noch weich war, mochte sie an manchen Stellen durch Gase aufgetrieben worden sein, [2]) wie auch nach der ersten Erstarrung Anhöhen erscheinen konnten durch Erdbeben oder feurige Auswürfe (ignivoma eructatione); damit erklärt er nach unseren Begriffen die Schicht- und Domvulkane. So entstanden Vulkane, erloschen aber auch wieder; „natos et denatos", sagt er. Das Erloschensein einer ehemaligen starken vulkanischen Thätigkeit könne jetzt noch aus dem Charakter einer Landschaft erkannt werden, und zwar vorzüglich durch die zahlreichen, weithin verstreuten vulkanischen Auswurfsprodukte wie Bimssteine, Naphtha, Erdpech, Schwefel, aufsteigende Dünste [3]) und Dämpfe (Gase oder Flüssigkeiten).

Leibniz erwähnt dabei einer bestimmten Gegend und sagt von ihr mit Agricola: . . . „et hic locus olim ardebat, auch dieser Ort stand einst in Brand". [4]) Er meint damit den Landstrich von der Mosel bis nach Braunschweig hinüber, in welchem einst eine starke vulkanische Thätigkeit geherrscht habe.

Dies und noch andere Erscheinungen, wie Erdbeben [5]) und Einstürze von Bergen wie bei Bern, Villach und „Piurns" (Plursii, Plurs), die Entstehung von Inseln und Seen (Totes Meer, Pilatussee) sind Folgen und deutliche Beweise der

---

[1]) Protogaea, p. 32.

[2]) Lakkolithen.

[3]) Es sei bemerkt, dass Leibniz die Erddünste (vapores) auch zum Teile von vegetabilischen oder animalischen Stoffen herleitet, cf. Günther, p. 77.

[4]) Protogaea, p. 33.

[5]) Er weist auf das Erdbeben im Jahre 1691 hin, das sich von Italien bis Braunschweig erstreckte.

Beschaffenheit des Erdinneren; denn „conditos in abdito telluris thesauros ignis aliquando iterum erupturos," heisst es in der Protogaea.[1])

So teilt Leibniz die damals ziemlich allgemein verbreitete Ansicht vom „Feuerfluss" im Inneren der Erde.[2]) Er schreibt selbst wieder in seiner bekannten versteckten Weise: . . . „cum non solum eruditorum plerique credant, ignem inesse inclusum huic globo"[3]); „es glauben die meisten Gelehrten, dass in unserem Erdball Feuer eingeschlossen sei;" auch die vulkanischen Erscheinungen weisen darauf hin.

Damit will aber nicht gesagt sein, dass Leibniz mit seiner Anschauung auf der Seite jener englischen Gelehrten steht, die nur ein streng geschiedenes „Magma", d. h. nur eine schmelzflüssige Materie im Erdinneren annehmen.

Wir dürfen mit gutem Grunde behaupten, dass er noch einen Schritt weiter gehen will und ausser dem feuerflüssigen auch einen gasförmigen Zustand der Materie annimmt.

So sagt er am Anfang seiner Protogaea: „Während durch Abkühlung die Rinde der Erde erstarrte, schliesst sie in ihrem Inneren eine gebrochene Hitze ein" und später: „bei weiterer Abkühlung stürzten Wassermassen herab"; dadurch deutet Leibniz an, dass sich die Abkühlung und Erstarrung der Erde von aussen nach innen stetig und ununterbrochen fortsetzte.

Er spricht aber auch ausdrücklich von „vapores, spiritus", von Dämpfen und Gasen, welche in unserer Erde eingeschlossen sind, und welche die verschiedensten Wirkungen an der Erdoberfläche hervorrufen.

Besonders jedoch scheint uns seine ganze Erdentwickelungstheorie, wonach er den Ursprung unseres Planeten auf die Erkaltung oder die Ausstossung einer

---

[1]) Protogaea, p. 4.
[2]) cf. Peschel-Ruge, p. 724.
[3]) Protogaea, p. 32.

Gasmasse aus der Sonne zurückführt[1]), die Wahrscheinlichkeit nahe zu legen, dass er im Erdinneren eine gasförmige Materie annimmt.

Und zwar wird man nicht ein plötzliches Uebergehen von dem einen zum anderen Zustand voraussetzen dürfen, sondern einen allmählichen Uebergang, da doch, wenn sonst in der Entwickelung überhaupt, besonders hier sein Prinzip gilt: „la nature n'agit pas per saltum."

So kommt Leibniz der vielfach gehegten Anschauung, dass sich im Inneren der Erde alle Aggregatzustände finden und der Uebergang ein absolut lückenloser ist,[2]) wenigstens dem Grundgedanken seiner Theorie nach sehr nahe.

XI. Gebirge, Höhlen, Thäler.

Zu Leibniz' Zeit noch hatte man von der Höhe der Gebirge recht übertriebene Vorstellungen; sagt er doch selbst: „Wenn auch die Höhe der Berge mit vier deutschen Meilen angenommen würde, betrüge das noch nicht den siebzigsten Teil des übrig bleibenden Erdballs."[3])

1. **Ueber Gebirgsbildung** dagegen wurden damals schon von Steno,[4]) besonders jedoch von unserem Leibniz[5]) recht vernünftige Ansichten ausgesprochen, die in seinen Ausführungen über Schichtenstörung wurzeln, und durch welche Leibniz uns näher steht als Steno. „Jam tum montes superfuere", sagt Leibniz am Anfang der Protogaea bei der Schilderung der Erdentstehung; schon bei der Erstarrung zeigten sich Berge krystallinischen Charakters durch die faltenbildende Kraft der Kontraktion. Durch den späteren Gewölbeschub aber wurden die sedimentären Schichten zu Bergen

---

[1]) s. o., p. 41 und 42.
[2]) Günther, p. 58.
[3]) Protogaea, p. 11.
[4]) v. Zittel, p. 448.
[5]) l. c. p. 450.

aufgerichtet durch Drehung oder Verwerfung. Viele Berge verdanken freilich auch vulkanischen Kräften ihre Entstehung.

Was besonders die grossen Kettengebirge in allen Erdteilen anlangt, so kann sich Leibniz mit den Ansichten verschiedener Gelehrten seiner Zeit nicht befreunden. Es handelt sich um die sogenannte Hebungstheorie.[1] Jene behaupteten nämlich, die Bergketten seien auf eruptive Weise, durch Auftreibung von Winden (Dämpfen) oder von Gasen (spiritus)[2] über ihre nächste Umgebung oder aus dem alles bedeckenden Wasser emporgehoben worden.

Sie stützten sich gerade im letzten Fall auf die vielen Funde von versteinerten Muscheln und Schnecken auf den höchsten Berggipfeln; fand doch Figueroa, der spanische Gesandte am persischen Hof, damals auf den höchsten Bergen Armeniens (Caramania) Meerschnecken und Muscheln, die in den härtesten Bruchsteinen, wie in Eierschalen, versteinert lagen.[3]

Leibniz erkennt jene Gesteinsteile voll und ganz als fossile Tierreste an, führt sie aber auf einen anderen Vorgang zurück; er sagt, nach dem Abzug der die höchsten Berge übersteigenden Überschwemmungen sei die abgelagerte Schlammdecke an den Bergabhängen abgeflossen, dort aber mit ihren zu grunde gegangenen Meerestieren hängen geblieben und allmählich erstarrt.[4]

Ferner räumt Leibniz auch ein, dass die am Anfange der Erstarrung noch (verhältnismässig) weiche Erdoberfläche durch eingeschlossene spiritus, Gase, an einigen Stellen aufgetrieben werden konnte.[5]

Allein das ganze Knochengerüst der Alpen, sowie der übrigen grossen Gebirgszüge in den vier Erdteilen will er nicht durch Hebung erklärt wissen. Er schreibt: „Dass die

[1]) v. Zittel, p. 450.
[2]) Protogaea, p. 36.
[3]) l. c. p. 38.
[4]) l. c. p. 35.
[5]) l. c. p. 11.

grossen Alpen aus der harten Erde hervorgebrochen sind, halte ich nicht für möglich; es ist eher wahrscheinlich, es seien die Gewässer von dort selbst abgeflossen, als dass ein unglaublich grosser Teil der Erde so hoch gestiegen wäre."[1])

Für Leibniz waren demnach als gebirgsbildende Kräfte hauptsächlich die oben dargelegten Schichtstörungen, Faltung und Bruch, massgebend, und zwar besonders wieder die Faltung infolge der Zusammenziehung des Erdballs. Er vertritt also bei der Erklärung der Kettengebirge die Kontraktionstheorie[2]) und hat so, wenn er auch bezüglich des Zeitpunktes der Auffaltung im Ungewissen ist, den Vorgang der Gebirgsbildung der Hauptsache nach richtig aufgefasst.[3])

2. Im Zusammenhang damit wird von Leibniz auch **die Höhlenentstehung** besprochen; sie ist nach ihm vorzüglich eine Folge der Erstarrung. Seine Worte sind: „Endlich ist glaublich, dass die sich durch Erkaltung zusammenziehende Erdrinde grosse Blasen (bullae) oder Höhlungen zurückgelassen habe."[4]) Aber auch später konnten sich noch Höhlen bilden durch vulkanische Kräfte[5]) (spiritus). Diese Höhlen stellen uns die aufgeblähten Gewölbe (fornix) dar, wie die Meeres- und Seebecken die eingesunkenen.

Eine Auswaschung von Höhlen durch Wasser kennt er nicht, wohl aber die Sinterbildung des Kalkwassers in denselben. Dabei konstatiert er die Schichtung dieses Tropfsteins; der „lapis Tophaceus" bestehe aus lauter kleinen, über einander geschichteten Mulden von Kalkspat, die uns, wie die Jahresringe an den Bäumen, die Ablagerung nach den verschiedenen Perioden anzeigen.[6])

Dabei entstanden durch die fallenden Tropfen, „guttis cadentibus", Säulen, so die Stalaktiten und Stalagmiten, aber

[1]) Protogaea, p. 36 ff.
[2]) cf. v. Zittel, p. 450.
[3]) Günther, p. 104.
[4]) Protogaea, p. 6.
[5]) l. c.
[6]) l. c. p. 26 und 69.

auch verschiedene andere Gebilde, die nicht durch einen „lusus naturae", wohl aber durch den „lusus imaginationis nostrae" uns die verschiedensten Dinge und Personen vor die Augen zaubern.

Leibniz hat diese Aufstellungen bereits im Jahre 1691, gemacht nach Erforschung der beiden grossen Höhlen im Harz: der Baumanns- und Scharzfeldhöhle[1]) und nach mikroskopischer Untersuchung der Tropfsteingebilde.

3. **Auch die Thalbildung** führt Leibniz in erster Linie auf die Einbrüche bei der Erstarrung der Erdoberfläche zurück, nimmt also für sie eine geotektonische Ursache in Anspruch. Es sind diese längeren, schmäleren Vertiefungen[2]) Furchen oder besser Bruchstellen der Erdrinde.

Doch will Leibniz deshalb den Einfluss der Gewässer bei Bildung und Ausgestaltung der Thäler keineswegs ausschliessen. Er sagt: „Die Thäler wurden durch die Gewalt der Wasser oder durch eine andere Kraft ausgehöhlt; valles aquarum vi aut alio impetu excavatae";[3]) an einer anderen Stelle: „Die Seen haben sich oft mit Gewalt Wege gesucht und Thäler zum Fortfliessen ausgehöhlt."[4])

Viele Thäler setzen sich gegen das Innere der Erde zu als Rinnen, Ritzen oder Gänge fort und verästeln sich im Leibe der Erde gleich Adern, wie die Fasern oder Fibern am Pflanzen- und Tierorganismus.

Diese Erdspalten wurden hernach mit Metall oder mit Stein- und Thonmaterie gefüllt, entweder durch die Gewalt des schmelzflüssigen Inneren oder durch Zufluss des Wassers.[5]) Diese Gänge — „venae cadentes und pendentes" — gehen von Nestern und Stöcken aus, beschreiben Kreise, Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln unter der Erde und haben einen so

---

[1]) cf. v. Zittel, p. 310.

[2]) Demgegenüber stellen die Seebecken die breiten Einbrüche dar.

[3]) Protogaea, p. 9.

[4]) cf. v. Zittel, p. 315; Leibniz wird hier nicht erwähnt.

[5]) Protogaea, p. 15 ff.

regelmässigen Verlauf, dass man dieselben, wenn sie zu Tage ausstreichen, leicht in die Nachbarschaft verfolgen kann, so z. B. den erzführenden Schiefer bei Osterode im Harz.

Als Anhang müssen wir die Erklärung Leibniz' über **die Vererzung fossiler Tierüberreste** untersuchen. Er weist besonders auf die vererzten Fische im Kupferschiefer zu Eisleben hin, deren er selbst einige besass.[1])

In geradezu wohlthuender Weise unterscheidet sich Leibniz hier mit seiner Erklärung von den leichtgläubigen Träumereien der meisten damaligen Gelehrten, die diese Tierfunde einem „casus ludens" oder einem „lusus naturae" zuschrieben. Er sagt dem gegenüber, das Spiel der Natur oder des Zufalls sei nur ein leeres Wort für die menschliche Unwissenheit: „Inania philosophorum vocabula, quae magnam superbientis intellectus hominum arrogantiam tegant."[2])

Fest und bestimmt behauptet er seinerseits den Tiercharakter der Funde und hält dafür, dass jene da gelebt haben, wo sie gefunden werden und umgekommen seien; später seien ihre Abdrücke und Ueberreste mit flüssiger Metallsubstanz ausgefüllt worden. Was die speziellen Fischabdrücke und Vererzungen im Kupferschiefer von Eisleben betrifft, so fand man dort Weissfische, Barschen, Meeräschen, Hechte, aber auch Rochen, Häringe und andere Meerfische in grosser Anzahl an derselben Stelle; zuweilen seien auf demselben Stücke zwei oder mehrere Fische abgeformt; dies alles und die Genauigkeit der Zeichnung, die mit der Wirklichkeit vollständig übereinstimme, widerspräche einem blinden Zufall.

Leibniz erklärt daher diese besonderen Fischabdrücke folgendermassen: In jener Gegend wogte einst ein grosser See, vielleicht ein Meeresteil, der durch eine gewaltige Erdmasse mit all seinen Fischen verschüttet wurde; das Wasser verlor sich allmählich ins Erdinnere, die Fische aber hinterliessen in der anfangs weichen Erdmasse ihre Abdrücke; nach-

---

[1]) Protogaea, p. 30 u. 31.
[2]) l. c. p. 30; cf. Peschel-Ruge, p. 713.

dem die animalischen Reste der Fische sich aufgelöst hatten, wurden die Eindrücke mit einer flüssigen Metallmaterie ausgefüllt nach dem Vorgang in der Werkstätte des Goldschmiedes: . . . „pisces aerosos ex veris expressos, materia metallica in piscis modulos sese colligente . . .“ Die dazu nötige Metallsubstanz war in der ganzen Schlammasse zerstreut, wurde durch die Wärme aus derselben ausgeschieden und in die Höhlungen, welche der Fisch liess, eingeführt. Hand in Hand damit ging die Verwandlung des verschütteten Erdreiches zu Schiefer durch das grosse Feuer der Natur.[1])

Denn: „nihil aliud natura, quam ars quaedam magna“; die Natur vernichtet nichts, sammelt nur die Stoffe, die sie in sich aufgenommen und bringt sie wieder ans Tageslicht[2]).

XII. Hydrologie.

1. **Über die Quellenbildung** herrschten zur Zeit von Leibniz durchaus noch unklare, grösstenteils falsche Ansichten, obwohl schon Palissy im Jahre 1580 Sickerwasser auf einer undurchlässigen Schicht als Ursache der Quellen bezeichnet hatte. Die landläufige Anschauung im 17. Jahrhundert war, dass das Meer die unterirdischen Gewässer speise, oder dass dem Erdinneren eine treibende,hebende Kraft innewohne, wodurch das Wasser gegen die Oberfläche ströme[3]).

Leibniz weist diese thörichten Anschauungen entschieden zurück mit den Worten: . . , „quasi praeter ipsum naturale fluentium pondus alius motor salientibus interveniret“, als wenn ausser der eigenen natürlichen Schwere der fliessenden Gewässer, noch eine andere bewegende Kraft den

---

[1]) Protogaea, p. 30 ff.
[2]) l. c. p. 15 u. 18.
[3]) v. Zittel, p. 302 ff.

Quellen zu Hilfe kommen müsste, wie bei Tieren das Blut durch Wärme steige, oder wie die Springbrunnen ein Werk der Kunst seien[1]).

Auch dürfe man nicht wegen der häufigeren Bildung von Quellen auf Bergen einen Ursprung derselben aus Regen, d. h. aus dem Grundwasser, in einer Ebene als unmöglich betrachten.

Sie können sich überall bilden, wenn nur die nötigen Voraussetzungen gegeben sind. Leibniz kennt die undurchlässige Schicht, welche dem Wasser den tieferen Eingang verwehrt, und den Druck des fliessenden Wassers[2]); damit bezeichnet er indirekt die Neigung der Fläche. Die Quellen sind so die Ableiter des Wasserüberschusses einer Gegend: .... „exonerari aquam", kurz ausgedrückt.

So führt Leibniz als Beispiel der Quellenbildung den Bach unterhalb des Gipfels am Brocken an und sagt von ihm: „Der Bach entsteht nicht auf dem Gipfel selbst, sondern er bekommt die Feuchtigkeit von einem noch höheren Orte und führt den Wasserüberfluss von demselben ab." Da ist die geneigte Fläche deutlich genug gekennzeichnet; man kann aber auch noch die Worte „fluentium pondus" aus oben genannter Stelle hinzuziehen, um den Druck und das Gefälle, d. h. die geneigte Schichtfläche als Ursache nachzuweisen.

Leibniz untersuchte bereits selbst perennierende Springquellen, und zwar die brunnenartigen Quellen zu Rostorp bei Göttingen und zu Modena in Oberitalien. In Rostorp traf er, nach Durchbohrung verschiedener Schichten von Ackerkrume, Schlammerde[3]), wasserführendem Mergel und schliesslich einer Pflanzenschlammasse mit Muscheln, auf eine Quelle; sie befindet sich in einer Tiefe von 24', bis wohin nicht einmal ein Wolkenbruch zu dringen vermag.[4]) Als causa movens dieses Brunnens will Leibniz, ähnlich wie bei der

---

[1]) Protogaea, p. 14.
[2]) l. c. p. 13.
[3]) Verweste Pflanzenstoffe mit Muscheln.
[4]) Protogaea, p. 79.

Quelle von Modena und den artesischen Brunnen überhaupt, das Gesetz der kommunizierenden Röhren aufstellen, aber mit der Modifikation, dass diese Brunnen von einem höher gelegenen Seebecken aus gespeist werden.

Deutlich hat er das bei der wunderbaren Quelle von Modena, bei dem „Mutinense miraculum", ausgesprochen und des näheren erklärt; er hatte dieselbe gemeinsam mit dem berühmten italienischen Physiker Ramazzini im Jahre 1691 untersucht.

Leibniz schreibt darüber[1]: „Modena besitzt die Macht, sowohl innerhalb seiner Mauern als in seiner Umgebung jederzeit eine perennierende, d. h. lebendige und immer fliessende Quelle, ja einen „rivulum artificialem", einen künstlichen Bach, entspringen zu lassen. Man darf nur 70 Fuss tief graben; man stösst dabei auf folgende Schichten: Trümmer einer alten Stadt, gewöhnliche Erde, nochmal Stadtreste, dann Thonerde, „argilla tenax"[2]), eine Masse von Wurzeln, Zweigen, Stämmen und Blättern mit Muscheln vermischt, dann nochmal Thonerde und zuletzt Kies mit Sand vermengt. Hier hört man bereits das Rauschen des Wassers und zwar so stark, als wenn die Gewässer durch eine Strömung gegen einen tiefen, hohlen Ort zu fliessen würden: „murmur auditur ingens et fremitus velut labentium aquarum qualicunque fluctuatione circa locum profundum et cavum"[3]).

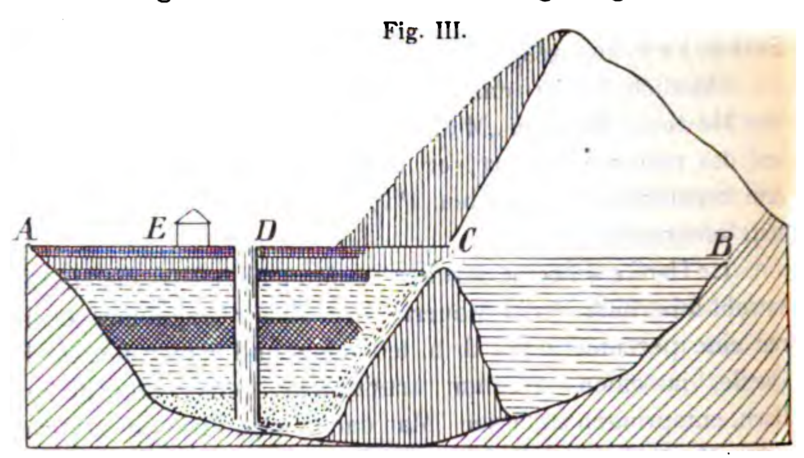
Zur Erklärung dieser eigentümlichen Springquelle führt Leibniz nun folgendes an. S. Fig. III. Unter dem benachbarten Berge liegt ein See, der einst bis zu dem Orte, wo jetzt die Stadt steht, reichte und damals die oben als letzte bezeichnete Schicht, nämlich Kies, als Boden hatte. Später wurde seine Höhlung zum Teile ausgefüllt, indem vom nahen Berge im Laufe der Zeit viel Materie herabgeführt wurde;[4]) darüber

---

[1]) Protogaea, p. 75.
[2]) Bei den Italienern „creta" genannt.
[3]) l. c. p. 76.
[4]) Diese Materie ist von Leibniz unter den einzelnen Schichten nicht angeführt.

schichteten sich dann nach und nach durch die verschiedenen Veränderungen die einzelnen Meeresablagerungen.

Fig. III.



AB = *ehemal. Seebecken*
BC = *jetz. See*
D = *Springquelle*
E = *Modena*

= *Stadt-Schutt*
= *Ackerboden*
= *Thon*
= *Pflanzenschlamm*
= *Sand u. Kies.*

Durch die Spalten (intervalla) der Steinchen aber, die den darüber gelagerten zähen Thon wie in einem Gewölbe stützen, besteht noch eine Verbindung mit dem unversehrt gebliebenen Teile des Sees, so dass also das Gesetz der kommunizierenden Röhren in Wirksamkeit treten kann.

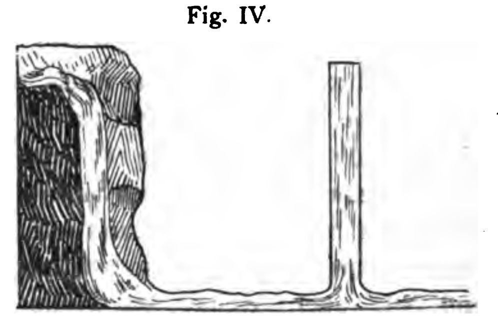
Die Existenz dieses Sees, der durch seine Lage das Speisebecken der Brunnen ist, wird ausdrücklich von Leibniz behauptet: . . . „ingentem velut lacum terra obrutum sub se sentit Mutina" und „vicino monte tegi lacum"[1]). An der einen Stelle sagt er, unter dem Berge liege ein See; an der anderen, Modena habe unter sich einen verschütteten See in einer Tiefe von 70'; der jetzige Boden von Modena habe das gleiche Niveau wie der unter dem Berge befindliche See[2]).

[1]) Protogaea, p. 75.

[2]) Nach Ramazzini, opera, p. 280 ist der See ein Meeresüberbleibsel.

Leibniz deutet aber mit den Worten: . . . „murmur auditur . . . velut labentium aquarum qualicunque fluctuatione circa locum profundum . . . " auch noch auf eine andere Ursache der Springquelle hin; er meint damit das Fliessen und die Strömung einer Wassermasse; da er ferner die Ablenkung des Erdbohrers gegen den Fluss Panarus zu[1]) erwähnt, müssen wir hier ausser dem Seebecken und den kommunizierenden Röhren auch noch den Fall auf einer geneigten Fläche als treibende Kraft annehmen. (Vergl. Fig. IV.[2])

Fig. IV.



2. **Die Flüsse sind Adern und Kanäle für Entwässerung einer Landschaft.** Leibniz gebraucht dafür den Ausdruck: „exonerari aquam"; sie suchen in erster Linie die natürlichen Erdfurchen auf, doch höhlen sie sich dieselben auch selbst aus und tragen so zur Thalbildung bei: . . . „valles aquarum vi aut alio impetu excavatae[3])." Zuweilen aber gräbt sich der Fluss ein ganz neues Rinnsal und verändert so das Landschaftsbild.

Durch Steinschliffe kann man den früheren Lauf eines Flusses an einem jetzt trocknen Orte nachweisen. So findet man an den Abhängen von Bergen, besonders in den Alpen, allenthalben abgeschliffene Kieselsteine, die durch Naturkräfte miteinander verkittet wurden; es ist das ein Beweis, dass da ein Bach geflossen sei und die Steine durch die tägliche Reibung abgeschliffen hätte; später aber sei der Fluss verschwunden, und das Aussehen der Gegend hätte sich geändert. Die Kieselsteine aber blieben in einer (später) zu Stein erstarrten Erdmasse stecken und bilden jetzt, nach-

---

[1]) Protogaea, p. 76.

[2]) Nach Ramazzini opera, p. 253.

[3]) cf. v. Zittel, p. 315; Leibniz wird dort nicht erwähnt.

dem sie durch neue Umwälzungen wieder an's Tageslicht kamen, mit der felsigen Erde eine feste Masse (caementati).

Die ganze merkwürdige Stelle lautet: „Cernuntur passim politi silices in montium parietibus ipsisque Alpibus a natura caementati magno indicio, postquam diuturna aquarum provolutio attriverat, saxificabili terrae haesisse, post novis ruinis iterum detecta apparuisse.“ [1])

Die ganze Stelle lässt vermuten, dass Leibniz hier die Bildung von Konglomeraten (vielleicht Nagelfluh ?) meint, also bereits einer Gletscherthätigkeit erwähnt, ohne sich dessen jedoch bewusst zu werden.

Im Mittellaufe reisst der Fluss, wenn er ungezügelt dahinströmt, von seinen Ufern viel Land fort, verarbeitet und führt es mit sich, um dasselbe an seiner Mündung anzuhäufen. Durch diese Ablagerung der Sink- und Schwemmstoffe bauen die Flüsse im Unterlaufe Land auf und schieben ihre Mündungen immer weiter hinaus; berühmt sind hiedurch Po, Etsch und Nil; auch Arelate und Holland sind Geschenke ihrer Flüsse: des Rhône und des Rheins. [2])

Es können aber auch im Unterlaufe noch grosse Richtungsänderungen vorkommen, so dass dadurch die Mündung eines Stromes verschoben wird. „So ergoss sich“, sagt Leibniz, „die Weser einst bei Minden in Sümpfe, die sich vom Meere bis hieher erstreckten; später scheint sie bei Minden ihren Lauf geändert zu haben mit einer Biegung nach rechts, nachdem sie die entgegenstehenden Berge durchbrochen hatte“. [3]) So ändern die Flüsse und Ströme selbst oft den Charakter der Landschaft, d. h. das Antlitz der Erde; zum Teile aber greift auch die menschliche Kunst umgestaltend in die Natur ein, zuweilen so, dass man ihre Thätigkeit von den Wirkungen der Naturkräfte nicht unterscheiden kann. Leibniz meint damit vorzüglich den Landgewinn durch

---

[1]) Protogaea, p. 25.
[2]) l. c. p. 71.
[3]) l. c. p. 72; porta Westphalica.

Flussregulierung, die bewirkt, dass Wiesen oft tiefer als das Flussufer liegen und der Fluss gleichsam in der Luft zu schweben scheint.[1])

3. **Die Seenkunde** lag zur Zeit **Leibniz'** noch sehr im Argen. Leibniz selbst aber weiss bereits die Seen ihrer Entstehung nach wohl zu unterscheiden. Einige hätten sich zu Beginn der Oberflächengestaltung gebildet; durch Ueberschwemmungen wurden nämlich kleinere Kessel und Einbrüche, wie die grossen Meeresbecken, mit salziger Flut gefüllt. In diesen Vertiefungen blieb das Wasser, nachdem es sich auf den ebenen Flächen verlaufen hatte. Leibniz erklärt also damit die Meeresreliktenseen.

Später hätten sich Einbruchseen gebildet und zwar durch Einstürze von Erdmassen und durch Ansammlung von atmosphärischem Wasser in diesen Einbrüchen: „terras in voraginem absorptas et stagno mutatas".

Aber auch die Erosion, d. h. die aushöhlende Arbeit der Flüsse, konnte zur Entstehung von Seen beitragen. Denn durch die Erosion können Bergstürze hervorgerufen und der Thalausgang versperrt werden;[2]) so ist die Erscheinung der Abdämmungsseen zu erklären.

4. **Das Meer.** Den Ursprung desselben, wie auch die allgemeinen oder grösseren Unterwassersetzungen der Erdoberfläche und die Sedimentablagerungen durch dasselbe haben wir oben kennen gelernt.

Hier sollen nur die partiellen Veränderungen an der Oberfläche unseres Erdballs durch die zerstörende und aufbauende Thätigkeit des Meeres zur Sprache kommen; denn „facies teneri adhuc orbis saepius novata est."[3])

Die Niveaulinie des Meeres verschob sich im Laufe der Jahrhunderte oft und verschiedentlich, was durch die sogenannten Strandlinien an manchen Küsten recht deutlich wird.

---

[1]) Protogaea, p. 74.
[2]) l. c. p. 8.
[3]) l. c. p. 7.

Diese Meeresfurchen waren Leibniz schon im Jahre 1691, also vor dem schwedischen Gelehrten Hjaerne,[1]) durch Berichte aus Skandinavien bekannt: „Audio in Norwegiae promontoriis . . notari strias."[2])

Die negative Strandverschiebung, mit anderen Worten der Landgewinn, kann vorzüglich durch stetiges Zurückweichen des Meeres von der Küste und durch allmählige Trockenlegung des ehemaligen Meeresbodens konstatiert werden; nicht unerwähnt darf dabei die Aufschüttungsthätigkeit der Flüsse bleiben.

Zum Beweise dessen berichtet Leibniz, dass die Strasse von Aquileja nach Bologna einst in weitem Bogen nach rechts führte wegen der bis zum Adriatischen Meer reichenden Sümpfe: „magna Adriatici litoris pars olim mari tecta aut paludibus invia."[3]) „Und jetzt", sagt Leibniz, „zieht sich das Meer immer weiter zurück, so dass die Venetianer für ihre Stadt ein ähnliches Schicksal fürchten, wie es so viele Küstenstädte dort schon getroffen hat; aus berühmten Handelsstädten und Kriegshäfen sind sie versandete Binnenstädte geworden". „Auch unser Steinhudersee soll einst eine viel grössere Ausdehnung gehabt haben und mit dem Meere in Verbindung gestanden sein, während er jetzt immer mehr und mehr eintrocknet".

Viel häufiger sind freilich die Spuren des ehemaligen Landverlustes durch wiederholte Ueberschwemmungen kleinerer Landstriche. So waren die belgische (Morinorum), holländische und friesische Küste öfters vom Ozean bedeckt, wie auch das Adriatische Meer mehrmals seine Zungen weit nach Mittelitalien bis nach Padua und Modena[4]) hineinsandte. Eine weit erheblichere Ueberschwemmung indessen erlitt einst Niederdeutschland. Von Norden her (su-

---

[1]) cf. v. Zittel, p. 436.

[2]) Protogaea, p. 15; schon oben in anderem Zusammenhange angeführt.

[3]) l. c. p. 73.

[4]) l. c.

periore loco) hätte sich das Weltmeer, nachdem es durch Wind und Sturmflut zu ungeheurer Wucht aufgewühlt worden war und die Vorgebirge sowie die natürlichen Dämme aus Lehm und Sand, d. h. die Dünen durchbrochen hatte, weithin ins Land ergossen, ganze Wälder eingerissen und den Boden mit verschiedenerlei Aufschüttungsmaterie bedeckt.[1])

Zu dieser überschwemmenden oder nagenden Thätigkeit des Meeres trat vielfach noch das Sinken des Landes hinzu; auf solche Weise entstanden nach Leibniz' Ansicht die Meerengen von Gades (Gibraltar) und Sizilien, sowie die Strasse von Calais, ebenso der Sund von der Ostsee zur Nordsee. Er schreibt in dieser Hinsicht in einem Briefe an Wallis: „Ein Freund, der einen grossen Teil des Deutschen und Baltischen Meeres bereiste, machte hübsche Beobachtungen über den Einsturz eines Isthmus; ähnliches möchte ich behaupten betreffs Eurer Küste und jener der Bretagne."[2])

Beweise einer einmaligen oder öfteren Meeresbedeckung sind aus geschichtlicher Zeit meist Mastbäume und Schiffsanker,[3]) wie in der Lombardei, Norddeutschland und den Niederlanden; aus älterer Zeit Lager von Steinsalz, Funde von Bernstein, verfaulten Pflanzen und Torf, sowie die mit Muscheln durchsetzten Schlammschichten und vorzüglich versteinerte Tierüberreste.[4])

Was die Steinsalzlager betrifft, so ist das Salz entweder als reines Niederschlagsprodukt des Meeres liegen geblieben, wie in Galizien, oder es hat sich mit erdigen Bestandteilen vermischt, so in Tirol[5]) und bei Halle.[6]) Bernstein (succinum) wird vielfach tief im Land, aber immer in einer „terra paludosa" gefunden; er enthält Einschlüsse von Blättchen oder Insekten. „Fraglich ist", sagt Leibniz, „ob Bernstein ein

---

[1]) Protogaea, p. 85.
[2]) Pertz III, IV, p. 69.
[3]) Protogaea, p. 74.
[4]) l. c. p. 9.
[5]) Gemeint ist wohl Hallein und Berchtesgaden.
[6]) Protogaea, p. 36.

mineralisches oder pflanzliches Produkt ist".[1]) „An der Küste von Preussen ist er ein Auswurf des Meeres; überdies ist sicher da, wo jetzt Bernstein gefunden wird, früher Meer gewesen."

Ein untrügliches Zeichen der öfteren Ueberschwemmung eines Landstrichs sind die Moorgegenden mit ihrem Torf. Derselbe kann freilich auch aus dem Meere gewonnen werden, wie Leibniz uns berichtet; doch ist er nicht ein Produkt, sondern nur ein „ejectamentum maris". Leibniz behauptet also nicht, dass der Torf im Meere entsteht; er weiss sehr wohl, dass er nicht mehr weiter wachsen,[2]) sondern höchstens angeschwemmt werden kann und nur da gewonnen wird, wo früher festes Land war.

Der Torf ist eine schlammige Masse verwester Pflanzenreste von Heidekraut, Gras, Schilf, Wurzeln, Aesten, Blättern und Baumstümpfen; er ist eine Materie, die verfaulte und durch Druck zusammenwuchs: „materiae vegetabilis colluvies ex erica, musca . . . siccatis concreta . . . inundationum foetus."[3])

So ist der Torf ein eigentliches Produkt der Ueberschwemmungen; nach dem Rückzuge des Wassers wuchsen auf dem halbtrocknen Boden Heidekraut und andere Pflanzen; bald aber kam eine neue Flut und mit dieser ein neuer Schlammniederschlag; dann folgte wieder Heidekraut u. a.; so ging es in ununterbrochenem Wechsel fort: „illuvie aquarum per intervalla redeunte." Dazu kam, dass der Boden durch unterliegendes Gestein (Felsen) oder eine undurchlässige Erdschicht schlechten Wasserabzug hatte.

Diese Moor- und Sumpflandschaften zeigen im grossen und ganzen einen gemeinsamen Charakter; auch die verschiedenen Namen in den einzelnen Sprachen weisen auf einen gleichen Ursprung hin.

So leitet Leibniz den Namen Brocken und den alten Völkernamen Bructerer von „Broeck", unserem jetzigen

---

[1]) Protogaea, p. 69.
[2]) Was damals zuweilen behauptet wurde.
[3]) Protogaea, p. 82 u. 84.

Bruch,[1]) ab. Die ganze dortige Gegend, auch der Brocken, zeige den Charakter eines „Bruches" oder der Moorlandschaft. Das englische „Mosswood" drücke etwas ähnliches aus: „Bäume sind unter Moos begraben; . . . quasi lignum sub musco." Bei den Friesen, Belgiern und an der Küste von Nordwestfrankreich würden diese Moorgegenden mit dem übereinstimmenden Namen „Veenae oder Fennae", d. h. mit „Veen oder Fenne" bezeichnet. Daher haben auch die Veneter an der Küste von Frankreich bei Vannes und die Veneter am Adriatischen Meere bei Venedig einen gemeinsamen Namen.[2])

Es werden aber auch dort, wo früher Wasser war, einzelne grössere Pflanzenüberreste, besonders Bäume, gefunden, entweder in verfaultem oder in versteinertem, d. h. verkiestem Zustande.

Leibniz stützt sich da in seinen Ausführungen besonders auf die Berichte von Agricola, Lachmund und Olitsch. Dieser letztere sei im Besitze eines Steines, der aus einem Erlenstück bestehe, und im Besitze eines sogenannten Schlammsteines, der die Abdrücke zweier verschiedener Blätter, nämlich einer Eiche und einer Weide, enthalte. Bei Meissen sei in einem „saxum cinereum", „einem aschenähnlichen Felsen", eine Buche und in Joachimsthal (Böhmen) eine mit Wurzeln und Aesten versteinerte Eiche gefunden worden. Agricola berichte von einem fossilen Eibenbaum und von versteinertem Eichenholz; auch bei Marienberg gäbe es eine Unzahl versteinerter Stämme.[3])

An diese Funde anknüpfend, wirft Leibniz die Frage auf, ob diese Bäume in einer Ebene gestanden und dort mit einer Versteinerungsmaterie überschüttet worden seien, oder ob sie durch Einsturz von Erdgewölben von den Bergen in die Tiefe stürzten zugleich mit einer sie umgebenden Erdmasse. Er selbst neigt der letzteren Ansicht zu.

---

[1]) Protogaea, p. 13.

[2]) Man sieht hier nebenbei, dass Leibniz sich mit viel Geschick auch in der Etymologie versucht; cf. Peschel-Ruge, p. 798.

[3]) Protogaea, p. 79 ff.

In diesem Falle wurden die Pflanzen von der mineralischen (zuweilen auch von einer metallischen) Materie durchdrungen.

Oft liegen unter der Thonschicht (argilla) ganze Wälder vergraben, aber meist so, dass die Stämme in einer Richtung liegen, mit den Wurzeln nach Nordwesten, mit den Gipfeln nach Südosten; die Arten der Bäume liessen sich noch deutlich erkennen. An dieser Stelle fügt Leibniz eine eigentümliche Bemerkung bei: . . . „truncos et folia pro carbonibus adhiberi"; die Stämme und Blätter würden als Kohlen gebraucht.[1])

Vielfach wurden die Bäume aber auch von der mineralischen Masse nur verschüttet und so in Sand, Kies oder Schlamm eingebettet, dass sie langsam verfaulten.[2]) So befinden sie sich oft tief in der Erde, wie z. B. eine verfaulte Birke und eine dicke Tanne mit ihren Aesten, Zweigen, ja mit einigen Tannenzapfen (conis) in dem Brunnen bei Rostorp (Rostorpium, Rostorfium) nächst Göttingen.[3])

Im Jahre 1710 wies Leibniz in einer kurzen Abhandlung der Miscellanea Berolinensia auf die indischen Pflanzen in den sächsischen Bergwerken hin; er bemerkt dabei, dass die Aussicht bestehe, durch einen gewissen Heine eine Botanik der untergegangenen Pflanzen zu erhalten, ein „Botanicum subterraneum."[4])

Trotzdem dürfen wir Leibniz nicht zu denen zählen, welche alle oder die meisten fossilen Pflanzen unter die tropischen rechnen.[5]) Er führt ja, wie wir oben sahen, meist nur einheimische Bäume an. Von diesen aber sind manche Arten durch lokale Aenderung des Klimas in gewissen Gegenden ausgestorben. „Damals gab es", sagt Leibniz, „an manchen Orten bestimmte Bäume, die man jetzt dort ver-

---

[1]) Protogaea, p. 79 u. 85.
[2]) l. c. p. 80 u. Kortholdt I, p. 223.
[3]) Protogaea, p. 79.
[4]) Miscellanea 1710, p. 119.
[5]) cf. v. Zittel, p. 183.

misst, so die Tannen bei Rostorp". [1]) Es ist somit wahrscheinlich, dass Leibniz ein vollständiges Aussterben gewisser Arten annimmt und sich der Deszendenztheorie nähert, wie wir weiter unten noch mehr sehen werden.

Wohl das wichtigste und deutlichste Merkmal der Ueberschwemmungen sind die vielen Tierfunde. „Ihm (Leibniz) galten die Versteinerungen von Seetieren als Zeugen ehemaliger Meeresbedeckungen", sagt Peschel an der schon öfter angeführten Stelle. Denn es wurden Schnecken und Zähne von Seetieren, besonders Seehunden, auf den höchsten Bergen, wie in den Alpen und im Gebirgsland Armeniens,[2]) aber auch oft tief im Lande und sogar tief in der Erde gefunden, wie Meermuscheln in den Brunnen bei Amsterdam[3]) und bei Modena. Zuweilen wurden solche Tierüberreste aus Kies- und Sandhügeln oder aus schiefrigen Schichten, meist jedoch aus Höhlen, ans Tageslicht gefördert.

Diese tierischen Reste sind von der Schlamm- oder Steinmaterie oft mehr zugedeckt als durchdrungen, mitunter gleichsam einbalsamiert.[4]) Allein es finden sich auch Tiere von mineralischer Substanz überzogen oder durchsetzt; zuweilen sind ihre Spuren in der Steinmaterie abgedrückt, so besonders Fische mit ganz genauer Zeichnung ihrer Gräten, Flossen u. s. w.[5])

Zur näheren Erläuterung dieser Tierüberreste führt Leibniz im Anschluss an Agricola, Lachmund und Gesner[6]) eine grosse Anzahl von Versteinerungen an, wie Konchylien, Belemniten, Nummuliten; Knochen und Zähne von Fischen und anderen Seetieren (Glossopetrae, Melitenses, Ostracites, Ammonites, Strombites), aber auch vollständige fossile Fische und

---

[1]) Protogaea, p. 79; cf. Peschel-Ruge, p. 709.

[2]) Protogaea, p. 38.

[3]) l. c. p. 85.

[4]) l. c. p. 40.

[5]) l. c. p. 30 f., cf. v. Zittel p. 189, wo von Leibniz nicht gesprochen wird.

[6]) Protogaea, p. 43.

Landtiere;[1]) Leibniz führt uns diese Funde durch sehr viele Abbildungen in seiner Protogaea vor Augen. Von diesen Zähnen der Seehunde, Robben und Walrosse werde, bemerkt Leibniz, das meiste Elfenbein, das ausgegraben wird, gewonnen.[2]) Doch sei nicht zu leugnen, dass man auch echtes Elfenbein vom fossilen Elefanten und vom „Mammotekoos", gemeint ist wohl das Mammuth, erhalten kann.

Mit Bezug auf die tierähnlichen, z. B. die Zungen-Steine (Glossopetrae, Melitenses) macht Leibniz seine Zeitgenossen darauf aufmerksam, dass diese Funde nicht als „Lusus naturae", d. h. als wirkliche, eigentümlich geformte Steine betrachtet werden dürfen; sie seien eigentliche Zähne, also Tierreste, was zum Teile schon daraus hervorgehe, dass man diese Zähne oft sogar noch in den Kinnbacken steckend fände.[3]) Im Gegensatz und Unterschied also fast zu all seinen Vorgängern und Zeitgenossen, wie besonders Agricola, Lachmund, Gesner, Kircher, ferner Lister, Lhwyd und Lang,[4]) welche die betreffenden Versteinerungen zum grössten Teile als freie Bildungen im Erdboden betrachteten, hält Leibniz mit Entschiedenheit am animalischen Charakter der Versteinerungsfunde fest[5]); er erklärt auch den Ursprung solcher Petrefakten, wie wir oben sahen, und die Ursache der häufigen Funde in gewissen Höhlen, was hier noch des näheren erörtert werden soll.

Leibniz betrachtet nämlich die Untersuchung des Punktes, warum so viele See- und Landtiere zusammen in einer Höhle oder einer Schicht angetroffen werden, als sehr wichtig. Er führt zur Beantwortung der Frage den Umstand an, dass die meisten Fundstellen als ehemalige Küstenhöhlen zu bezeich-

---

[1]) So die fossilen Reste des sogenannten (fabelhaften) Einhorns nach dem Berichte Otto v. Guerikes, Protogaea, p. 63; cf. v. Zittel, p. 37.

[2]) Protogaea, p. 61 ff.

[3]) Protogaea, p. 42, 48 u. 49.

[4]) cf. v. Zittel, p. 18 ff.

[5]) cf. Peschel-Ruge, p. 713.

nen seien, an denen der Ozean hinbrandete.[1]) Das Meer schwemmte dort Tierleichen und Tierreste zusammen, vielfach weil das Wasser einen Wirbel bildete, und liess sie daselbst liegen, nachdem es sich durch Höhlungen ins Innere der Erde verloren oder sonst sich von jenen Küsten zurückgezogen hatte.[2])

Unser allergrösstes Interesse aber nimmt die Erklärung einer anderen höchst bedeutsamen Beobachtung bei jenen Versteinerungen in Anspruch.

Es wurde damals schon konstatiert, dass sich an vielen Plätzen Reste von Tieren finden, die sich von den jetzt lebenden Arten wesentlich unterscheiden oder in der Gegenwart überhaupt nicht mehr existieren.

Oberflächlich betrachtet, lassen einige Stellen in Leibniz' Protogaea die Vermutung aufkommen, dass er sich mit der Ansicht von einer Veränderung gewisser Arten von Tieren nicht befreunden konnte.

Denn er wirft dem gegenüber die Frage auf: „Wie könnten wir sicher behaupten, dass die eine oder andere Art von Seetieren ausgestorben sei, da doch niemand noch die Tiefen des Ozeans und seine Schlünde durchforscht hat?"[3])

Ferner widerspricht er noch im Jahre 1691 in der Protogaea einer Anschauung, welche mit der modernen Deszendenztheorie grosse Aehnlichkeit hat.

Leibniz führt dieselbe in folgender Fassung an: „Haud ignoro, esse quosdam, qui eo usque licentia coniectandi procedant, ut tegente omnia animalia oceano, quae nunc terram habitant, aliquando aquatica fuisse arbitrentur, paulatimque destituente elemento amphibia, postremo in posteritate suas primas sedes dedidicisse; . . . immensis difficultatibus laborat."[4]) Es behaupteten also Einige, es seien einst alle

---

[1]) Protogaea, p. 42 u. 62.

[2]) Miscellanea 1710, p. 119.

[3]) Protogaea, p. 41.

[4]) Protogaea p. 10 ff.; unseres Wissens hat keiner der damaligen bekannten Naturforscher obige Anschauung direkt ausgesprochen; es wäre höchstens an den Engländer Hale zu denken.

Tiere Wassertiere gewesen und erst allmählich mit dem Verschwinden des Wassers zu Amphibien, zuletzt dann zu Landtieren geworden.

Leibniz bezeichnet freilich damals diese Theorie als zu kühn, weil sie — nicht an sich unmöglich ist — sondern nach seinen Worten zu sehr an Schwierigkeiten leidet.

Und doch behaupten wir mit vollstem Rechte, es war Leibniz, wenn er unter dem „esse quosdam, qui arbitrentur" nicht selbst zu verstehen sein sollte, der den Boden für seine eigene, noch sehr gewagte Ansicht sondieren will, doch nicht allzuweit von jener Anschauung entfernt; er verbirgt nur seine wahre Ansicht, um in jener Zeit der verbalistischen Bibelauslegung nicht anzustossen.

Die Richtigkeit unserer Annahme werden wir durch folgende Punkte beweisen. Fürs erste sagt er nämlich einmal in der Protogaea, es hätten sich verschiedene Tiere infolge einer Klimaänderung von unseren Küsten zurückgezogen,[1] wie er das von gewissen Pflanzen bereits zuvor angeführt hatte. Nebenbei sei bemerkt, dass Leibniz diesen Klimawechsel auf die veränderte Verteilung von Land und Wasser zurückführt, wie er ja überhaupt den mässigenden Einfluss des Dampfgehaltes (vapores) in der Luft auf das Klima richtig zu beurteilen versteht.[2])

In zweiter Linie behauptet er in der Protogaea an einer Stelle deutlich und bestimmt, dass sich durch die grossen Umwälzungen auf der Erdoberfläche mit dem Klima gerade die Arten der Tiere gründlich geändert haben; er sagt: „Credibile est per magnas illas conversiones etiam animalium species plurimum mutatas."[3])

Allein den wichtigsten Schritt vorwärts auf dem Wege der Entwicklungstheorie macht er erst im Jahre 1710 in den Miscellanea Berolinensia. Er schreibt da von ungeheuren Veränderungen und verlangt bezüglich

[1]) Protogaea, p. 62.
[2]) Miscellanea 1710, p. 119.
[3]) Protogaea, p. 41.

der Tiere, die unserem Erdballe jetzt fremd sind, eine umfassendere Untersuchung, ob nicht die meisten derselben Wassertiere oder Amphibien waren. Die bedeutungsvollen Worte lauten: . . . „incognita huic orbi animalia . . . an non pleraque aquatica vel amphibia fuerint, amplius inquirendum"; denn es sei glaublich, dass aus den Wassertieren oder Amphibien nach dem Rückzuge des Meeres schliesslich einige Landtiere hervorgegangen seien, welche durch die Veränderungen im Laufe der Jahre im Wasser nicht mehr leben konnten; „praesertim cum credi possit ex marinis aut amphibiis, cum iam a mari destituerentur, nonnulla tandem terrestria prodiisse, quae longo temporis tractu mutata aquam amplius non ferant." [1])

Leibniz behauptet also im Jahre 1710 selbst das, was er im Jahre 1691 als zu bedenklich noch zurückgewiesen hatte. Es muss dabei konstatiert werden, dass er mit dieser seiner Anschauung unter all seinen Zeitgenossen, sie weit überragend, allein steht und der Vater der modernen Deszendenz- oder besser Transmutationslehre ist. [2])

Wir sehen aber auch, dass Leibniz mit dieser seiner Anschauung nur die letzten Konsequenzen aus seiner allgemeinen Entwickelungstheorie gezogen hat; denn: „la nature n' agit pas per saltum".

Eine andere wichtige Thatsache wird von Leibniz in diesem Zusammenhange noch festgestellt, dass sich nämlich trotz der vielen Umwälzungen auf der Erdoberfläche durch plutonische oder vulkanische Kräfte und durch die Gewässer, [3]) wie trotz des Wechsels des Klimas und der mannigfachen Veränderungen der Organismen gleichwohl eine gewisse Beständigkeit und eine bestimmte Stetigkeit in den Ver-

---

[1]) Miscellanea 1710, p. 119.

[2]) Guhrauer hat das in seiner Biographie von Leibniz bereits angedeutet, I. Bd, Anm. 31.

[3]) Leibniz gibt — verstreut — auch bereits die Hauptursachen der Denudation an: Lösung, Reibung des Wassers, Auslaugung, Verdunstung, Winde, cf. Protogaea p. 5 u. 37.

änderungen nicht verkennen lässt; denn, „rerum parens amat constantiam in varietate; nihil aliud natura quam ars quaedam magna.“[1]) Die Natur, sagt Leibniz, ist nichts anderes als eine grosse Künstlerin; wie es der Kunst unmöglich ist, neue Urstoffe hevorzubringen oder solche vollständig zu vernichten, so wird man selten genug (d. h. überhaupt nicht) die Natur bei Vernichtung der Organismen antreffen (edentem hos foetus); meist sammelt sie die Schöpfungsgebilde nur, nachdem sie diese längst in sich aufgenommen hat, und bringt sie irgendwo ans Tageslicht: „plerumque enim dudum alibi conceptos colligit tantum detegitque.“[2])

So können wir mit vollem Rechte behaupten, dass Leibniz, wie oben bei Erklärung der Kräfte im Himmelsraume und an der Erde das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, so hier in der Entwicklung und Veränderung der Erde und ihrer Organismen das von der Erhaltung des Stoffes zum erstenmale ausgesprochen hat.

Nehmen wir ferner das von ihm entdeckte Zellengesetz hinzu, so müssen wir feststellen, dass Leibniz durch all das die theoretischen Grundlagen für die moderne Physik, Chemie und Biologie schuf.

Schlusswort.

Wir haben versucht, Leibniz' verstreute geophysikalische Ansichten aus seinen verschiedentlichen Schriften herauszuschälen und die Fülle der geistreichen, hochbedeutsamen Theorien und Gedanken zu einem Gesamtbilde zu vereinigen.

Wir stiessen dabei auf die wiederholt, zuletzt oben erwähnte Thatsache, dass Leibniz mit seinem durchdringenden

---

[1]) Protogaea, p. 18 ff.
[2]) l. c.

Geist viele allgemeine Entwickelungsgesetze bereits damals dem Prinzipe nach entdeckte, während sie in unserem Jahrhundert präziser gefasst und näher spezifiziert aufgestellt wurden; so:

das Gesetz von „der Erhaltung der Kraft" und von der „Wirkung durch Vermittlung";
das Gesetz von „der Erhaltung des Stoffes";
die Theorie von der „Transmutation der Organismen" und von der „Stetigkeit in der Entwicklung."

Dadurch bewies Leibniz seine erstaunliche Divinationsgabe, seinen wunderbaren Scharfblick. Wir sahen aber auch, dass er eine gesunde, vernünftige Naturbeobachtung in sich verkörperte und uns ein anschauliches Bild von der speziellen Entwicklung unserer Erde gab. „Ita rerum natura praestat nobis Historiae vicem",[1]) sagt er selbst am Schlusse seiner Protogaea.

Wenn wir seine Ausführungen kurz zusammenfassen, so führt uns also Leibniz das Spiel der sich abstossenden und anziehenden Kräfte im Himmelsraume und an der Erde vor Augen, wie sie, in dem Chaos unaufhörlich bewegter Massen durch die Strahlung der Sonne hervorgerufen und vom Himmelsaether getragen, sich entwickeln zur Lichtschwingung, Gravitation, zur Kreisbewegung und zum Magnetismus, und wie sie die Ordnung und Rundung der Erdmaterie bewirken.

Er schildert uns ferner den Ursprung der Erdmaterie aus Sonnengas, deren Abkühlung zu einer feuerflüssigen Masse, die schliessliche Erstarrung der Rinde, den Ursprung der Atmosphäre und des Wassers, den Zustand des Erdinneren; er beschreibt uns aber auch noch die Umgestaltung der Erdoberfläche und ihrer Organismen durch geotektonische Kräfte und durch die Einflüsse der Gewässer.

---

[1]) Protogaea. p. 86.

Freilich sind seine geophysikalischen Ideen sehr zerstreut und zu wenig verarbeitet, da er sich ja mit ihnen nur nebenbei beschäftigte; ausserdem ist er in manchen Punkten zu ängstlich, zurückhaltend und unklar; dazu kommt, dass viele seiner Schriften[1]) sehr spät veröffentlicht wurden.

Deshalb ist es einigermassen erklärlich, dass ihm nicht bei all seinen Zeitgenossen die verdiente Anerkennung zuteil wurde.

Allein viele Gelehrte jener Zeit, die mit Leibniz in nähere Berührung kamen, waren voll Lobsprüche für seine geophysikalischen Hypothesen, so besonders Ramazzini,[2]) Oldenbourg, Wallis[3]), Liebknecht und der Erfinder Papin[4]).

Auch in der neueren und neuesten Zeit fand Leibniz bei vielen Naturforschern warme Anerkennung. So wird er von Humboldt im Kosmos „der unsterbliche Verfasser der Protogaea" genannt[5]); Peschel sagt in der Geschichte der Erdkunde von Leibniz, „er eile mit seinen frühreifen Ansichten seiner Zeit an Einsicht weit voraus"[6]); Lasswitz spricht von dem „weitreichenden Wert der Aetherbewegung"[7]); und v. Zittel nennt ihn in der Geschichte der Geologie den „grossen, vielseitigen Denker[8])."

Und mit Recht! Denn wir müssen hier zum Schlusse mit grösstem Nachdrucke feststellen, dass er sich, abgesehen von einigen Theorien, welche in grossen Zügen mit solchen von Descartes und Steno übereinstimmen, doch in manch' anderen, besonders aber in wichtigen Einzelfragen der Geophysik sehr wesentlich und aufs vorteilhafteste von seinen Zeitgenossen unterscheidet und auszeichnet.

---

[1]) So z. B. die Protogaea erst i. J 1749.
[2]) Kortholdt I, p. 224 u. 182; Pertz II, I, p. 147.
[3]) Pertz III, II, p. 19.
[4]) In einem Briefe an Leibniz bei Gerland, p. 340.
[5]) Humboldt, Kosmos IV., p. 370.
[6]) Peschel, p. 709 u. p. XIII.
[7]) Lasswitz, II, p. 463.
[8]) v. Zittel, p. 37.

Die allgemeinen Entwicklungsgesetze sind oben schon zusammengestellt; von den Einzelfragen können wir anführen: die Erklärung der Unterwassersetzungen und ihrer Folgen, wie Gewölbe- und Gebirgsbildung; die Verschmelzung des Neptunismus und Plutonismus; Einführung des Vorganges der Metamorphose; Konstatierung der Klimaänderung und des wahren Wesens der Versteinerungen; endlich die erste Anregung des Aneroidbarometers.

All das zusammengenommen gibt uns die Ueberzeuguug, dass sich aus den zerstreuten Schriften von Leibniz ein lückenloses, harmonisch entwickeltes Bild von der Bewegung, Entstehung und Veränderung der Erde entwerfen lässt, und dass es daher nur ein Akt der Gerechtigkeit ist, wenn Leibniz in der Geschichte der Erdkunde den Platz einnimmt, der ihm längst gebührt.

Leibniz verdient es, neben Kepler und Newton genannt zu werden, weil er die Lücke ihres Systemes ausfüllte; ebenso soll er seinen Platz vor Kant und La Place erhalten[1]), da er mit Descartes ihr Vorläufer ist. In gewissem Sinne kann man ihn mit Varenius auf eine Stufe stellen und ihn als den Begründer der modernen Geophysik bezeichnen.

In vielen Punkten aber überragt er nicht nur Descartes, Steno und Varenius, sondern ragt durch das richtige Verständnis für die allgemeinen Entwicklungsgesetze, d. h. für die moderne Weltanschauung von einem Stoff und einer Kraft, wie auch durch sein Ahnungsvermögen und durch seinen Scharfblick, mit welchem er in vielen bis heute strittigen Fragen der Geophysik das Richtige traf, in unsere heutige Zeit herein.

[1]) Was bei v. Zittel, p. 760 bereits geschieht.

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ZWÖLFTES STÜCK:

FRANZ JOSEPH HUGI
IN SEINER BEDEUTUNG FÜR DIE ERFORSCHUNG DER GLETSCHER

VON

DR. ALBERT KREHBIEL
ASSISTENT AN DER REALSCHULE ZU LANDAU.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1902.

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

ZWÖLFTES STÜCK:

FRANZ JOSEPH HUGI

IN SEINER BEDEUTUNG FÜR DIE ERFORSCHUNG DER GLETSCHER

VON

DR. ALBERT KREHBIEL
ASSISTENT AN DER REALSCHULE ZU LANDAU.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1902.

FRANZ JOSEPH HUGI

IN SEINER BEDEUTUNG

FÜR DIE ERFORSCHUNG DER GLETSCHER

VON

ALBERT KREHBIEL

MIT ZWEI KARTEN.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.
1902.

Vorwort.

Die Person Hugis ist in der Geschichte der Gletscherforschung gegenüber einem Agassiz und den anderen Mitgliedern der Neuenburger Schule neuerdings etwas in den Hintergrund getreten. Hoffentlich helfen diese Blätter dazu, ihm wieder den richtigen Platz innerhalb der Gesamtentwicklung zu sichern. Der Verfasser möchte nur noch darauf hinweisen, dass A. Boehm v. Boehmersheims „Geschichte der Moränenkunde“ wie für jeden Arbeiter auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Alpenkunde, so auch für ihn vom höchsten Werte gewesen ist.

Landau, im Juli 1902.

Dr. A. Krehbiel.

Mit der Geschichte der Eisgebirge steht in innigster Verbindung der Name Hugi, dessen Bedeutung für die Erforschung der Gletscher hier dargethan werden soll. Zu diesem Zwecke aber ist es notwendig, die Lehre von den Gletschern in der Zeit vor Hugi genau zu kennen. Diese soll im ersten Teile nachstehender Arbeit behandelt werden; daran schliesst sich dann Hugis naturhistorische Alpenreise und seine Winterreise in das „Eismeer", und im letzten Teile erhalten wir Kenntnis von den durch Hugi auf dem Gebiete der Gletscherkunde herbeigeführten Fortschritten. Betrachten wir zunächst

I. Die Lehre von den Gletschern in der Zeit vor Hugi.

Dass in früherer Zeit das Gebiet des ewigen Schnees nur in sehr allgemein geographischem Sinne in Betracht gezogen wurde, davon geben deutlich Zeugnis die ersten Nachrichten über Gletscher überhaupt. Der Name „Gletscher" findet sich zuerst als alte Benennung des Matterjochs. Bei Ägidius Tschudi, der 1523 die Alpen vom Grossen Sankt Bernhard über den Gletscher (Mons silvius, Matterjoch), die Furca und den Gotthard bis nach Bünden durchzogen hatte, findet sich folgende Stelle:[1]) „Silvius Mons, von Teutschen der Gletscher genannt, von wegen dass ein ewiger Firn und Gletscher auf seiner First ist, bei vier italischer Meilen breit, der nimmer verschmelzet oder abgeht, darüber man zu Sommerszeit ohn Unterlass zu Ross und zu Fuss wandelt ohne Sorgen." Dann verdient Erwähnung Sebastian Münster. Seine „Cosmographia universalis"[2]) erschien deutsch zuerst 1544 als „Cosmographey oder

---

[1]) Studer, Geschichte der physischen Geographie der Schweiz, Bern 1863. S. 82.

[2]) Studer, Gesch. d. phys. G. d. Schw. S. 83, 84.

Beschreibung der Länder, Herrschaften und fürnembsten Stellen des ganzen Erdbodens", Kaiser Karl V. zugeeignet. Die Naturgeschichte ist nur für Wallis näher berücksichtigt worden und den Gletschern wird ein eigener Artikel gewidmet,[1] der besser als viele andere Stellen die damalige Wissenschaft charakterisiert. „Obgleich diese nie schmelzenden Eismassen, weder aus Stein, noch aus Metall bestehen, unterscheiden sie sich doch nicht weit von geläuterten Krystallen und kommen vorzüglich gegen Mittag auf den höchsten und wildesten Gebirgen vor, die man Schneeberge nennt. Seiner Natur nach ist das Gletschereis weder Schnee noch Eis, das auf den Gipfeln der Gebirge niemals schmilzt, sondern seit zwei- oder dreitausend Jahren die Gebirgshöhen bedeckt und Thäler ausgefüllt hat und fast zu Stein verhärtet ist."

Ferner hat der Gletscher gedacht Josias Simler in seiner „Vallesiae et Alpium descriptio", Zürich 1574. In der Zugabe „De Alpibus" findet sich[2] ein Kommentar zu der Beschreibung der Alpen von Silius Italicus (einem im I. Jahrhundert n. Chr. lebenden römischen Dichter) mit näherem Eingehen auf die Gletscher, wo bereits der Firn, d. h. älterer verhärteter Schnee von dem Gletscher oder wahrem Eis unterschieden wird.[3] Ebenfalls werden die Gletscher erwähnt in Rudolf Rebmanns „Naturae Magnalia"[4] und zwar in „einem lustigen und ernsthaft poëtischen Gastmahl und Gespräch zweier Bergen in der loblichen Eidgenossenschaft und im Bernergebiet gelegen,

---

[1]) Studer, Gesch d. phys. G. d. Schw., S. 86.

[2]) Studer, G. d. ph. G. d. Sch., S. 115.

[3]) Auch verdient bemerkt zu werden, dass Simler die Frage zutreffend beantwortete, wie es möglich sei, dass auf hohen Bergen, wo doch die Sonne viel intensiver strahle, Eis und Schnee sich bilden könnten. (Vgl. Günther, J. Simler als Begründer der wissenschaftlichen Alpenkunde, Verhandlungen der schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft zu Zofingen, 1901.)

[4]) Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885, S. 532. Studer, S. 127. Graf, Über einige Berner Alpinisten, Bern 1891.

nämlich des Niesens und Stockhorns als zweier alten Nachbarn", Bern 1605.

Joh. Muralts[1]) kurzer Brief an Hooke F. R. S. „Concerning the icy and crystallion mountains of Helvetia, called the Gletscher", Ph. Trans., 1669 enthält weniger, als bereits bei Simler steht. Das Eis geht allmählich in Krystall über und bildet ganze Berge. Die Meinung, dass die mit ewigem Schnee bedeckten Berge bis in ihren Kern aus Eis bestehen, scheint damals noch sehr verbreitet gewesen zu sein. Gegen die Ansicht, dass der Bergkrystall verhärtetes Eis sei, hatte aber 50 Jahre vorher schon Lescarbot sich erklärt, und sie hatte in der Mitte des 17. Jahrhunderts wohl nicht mehr viele Anhänger. Indess war Muralt damals erst 24 Jahre alt, und er stützte sich wohl mehr auf ältere Autoritäten als auf eigene Untersuchungen. Unerwähnt mag auch nicht bleiben eine zwar keineswegs gute Abbildung, vielleicht des Grindelwaldgletschers, in den Phil. Trans. von 1673; topographische Darstellungen des Eisgebietes etc. finden sich auch bei Münster und Simler. Diese Exkurse über die Gletscher[2]) fallen meist sehr kurz aus und befassen sich viel mehr mit den Gefahren, die in diesem gefürchteten Gebiete den Reisenden bedrohen, als mit Darstellung des Sachverhaltes.

In wissenschaftliche Betrachtungsweise als Naturerscheinung sind die Gletscher zuerst von Joh. Jak. Scheuchzer,[3]) dem Verfasser der besten Schweizer Karte des 18. Jahrhunderts, eingeführt worden und zwar in den Jahren 1702 bis 1728. In der vierten Bergreise von 1705, und in der Beschreibung von Naturgeschichten III. T. p. 102, werden ausführlich die Gletscher behandelt.[4]) Das Ausstossen des

[1]) Studer, S. 170.

[2]) Rütimeyer, Zur Gesch. d. Gletscherstudien, Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs. 16. Jahrgang Bern 1881. S. 380.

[3]) Heim, Handbuch d. Gletscherkunde, S. 533; Hoeherl, J. J. Scheuchzer, der Begründer der physischen Geographie des Hochgebirges, Münchener Geograph. Studien, 10. Stück, München 1901.

[4]) Studer, S. 195, 196.

Unreinen wird bestritten, das Fortschreiten der Gletscher erklärt Scheuchzer teils aus dem Gefrieren des Wassers in den Spalten und Klüften, wodurch, wegen der Zunahme des Volumens, ein Druck auf die Wandungen und ein Fortstossen der ganzen Masse entstehen müsse, teils aus der Elastizität der in den Bläschen eingeschlossenen Luft bei vermindertem äusseren Luftdrucke. Ob die Gletscher, wie die Älpler behaupten, 7 Jahre zunehmen und ebensolange wieder abnehmen, lässt er unterschieden. Das aber sei sicher, dass dieselben lagerweise in die Höhe wachsen, indem der im Winter fallende Schnee im Sommer schmelze, die damit gemengte Erde auf den Grund fallen lasse, dann gefriere und über dieser Erde, die wie ein schwarzer Strich erscheint, ein neues Stratum bilde. Übrigens scheint Scheuchzer diesen Gegenstand mehr nach der sogleich anzuführenden Arbeit Hottingers als nach eigenen Untersuchungen behandelt zu haben. Seine Aufzählung der in der Schweiz vorkommenden Gletscher ist sehr dürftig und beinahe ganz aus älteren Schriften entnommen. Im Kanton Bern kennt er die beiden Grindelwaldgletscher, im Wallis den Rhonegletscher und denjenigen des Matterjochs und im Engadin einen Gletscher Holtchiel.

In Joh. Heinr. Hottingers gediegener Arbeit über die Gletscher der Schweizer Alpen „Montium glacialium helveticorum descriptio, 1703“ ist Vieles entnommen[1]) aus Simler, Münster und Wagner. Letzterer, ein leidenschaftlicher Freund kühner Alpenreisen, hat eine kleine, aber gehaltreiche Schrift: „Historia naturalis Helvetiae curiosa, 1680“ herausgegeben.[2]) Hottinger gibt aber auch neue und eigene Beobachtungen, obgleich er nur die Gletscher von Grindelwald gesehen zu haben scheint.[3]) Zunächst unterscheidet er die Gletscher vom Firn oder bleibenden Schnee der Hochgebirge und vom Lawinenschnee,

[1]) Studer, S. 206.

[2]) Studer, S. 178.

[3]) Studer, S. 206; v. Boehm, Geschichte der Moränenkunde, Wien 1902, S. 5 ff., S. 33, S. 88.

bestreitet dann die Verschiedenheit des Gletschereises von anderem Eis und dessen Übergang in Bergkrystall, erklärt die Reinheit der Gletscher aus dem Mangel an Beimengung von Steinen und Erde in den breiten Gletscherthälern und aus dem Ein- oder Durchsinken der auf das Eis fallenden Blöcke, im Gegensatze zu einer das Unreine ausstossenden Kraft. Er leitet das Anwachsen der Gletscher ab von dem im Winter fallenden Schnee, der im Sommer sich mit anfrierendem Schlamm bedecke, daher sich deutliche Schichtung zeige, die in der Tiefe dünner sei, als nach oben zu, unterscheidet aber nicht deutlich zwischen diesem Wachstum der Masse und dem Vorrücken derselben. Zur Erklärung der Spalten und des ihre Entstehung begleitenden donnerähnlichen Geräusches verweist Hottinger teils auf die von Scheuchzer in seiner Physik gegebene Theorie, dass in der wärmeren Jahreszeit die Wärme zwischen die Eisteilchen eindringe und sie auseinander treibe, teils auf die Erklärung von Bartholin, dass die im Winter zwischen den Eisteilchen comprimierte Wärme im Sommer, unter dem Einfluss der äusseren Wärme, grössere Expansivkraft gewinne. Hören wir Rütimeyers Urteil über Scheuchzer und Hottinger:[1]) „Wenn sich auch an Scheuchzers Namen und den seines Neffen Hottinger eine weitverbreitete Theorie über die Ursache der Gletscherbewegung knüpft, so spielen doch in den Kapiteln, die Scheuchzer den Gletschern widmet, allgemeine Erörterungen über etwaige Wärmetheorien von Aristoteles an und medizinische Exkurse über die Wirkung des Gletscherwassers eine grössere Rolle als die physikalische Beobachtung der Gletscher selbst."

Man scheint in Zürich, seit den Arbeiten von Scheuchzer und Hottinger, sich nicht weiter ernstlich mit dem Studium der Gletscher beschäftigt zu haben. Auch von Christoph Jetzler,[2]) dessen 1766 gemachte barometrische und

[1]) Rütimeyer, Zur G. der Gletscherstudien, S. 380, 381.

[2]) Studer, S. 297. Mehrere Autoren, die immerhin den Moränen eine gewisse Aufmerksamkeit zuwandten, verzeichnet v. Boehms oben zitiertes Werk.

thermometrische Beobachtungen beweisen, dass er höher als die meisten seiner Zeitgenossen im Hochgebirge anstieg und sich vor den „erschröcklichen" Gletschern weniger gefürchtet hat, wurde dem früher Erkannten nichts beigefügt. Da lenkt die Aufmerksamkeit auf sich der Berner Gelehrte Dr. med. Wolfgang Christen,[1]) dessen Manuskript gebliebene „Description des Glacières ou pour mieux dire de la mer glaciale qui se trouve dans les Alpes de la Suisse", 39 Seiten ohne Jahreszahl, das Vorkommen eines ununterbrochenen Eismeeres vom Hinterrhein bis an den Sanetsch mit einem Umfang von 500 Meilen und einer Tiefe von 1500 Klaftern nachzuweisen sucht.

William Burnet[2]) schrieb an Hans Sloane einen in den Philos. Trans. von 1709 eingerückten Brief über die Gletscher von Grindelwald, worin er, wie früher Scheuchzer, das Wachsen der Gletscher dem einsickernden und wieder gefrierenden Schneewasser beimisst. Durch einen um dieselbe Zeit bekannt gewordenen Bericht über die abenteuerliche Reise nach den Glacières de Savoye wurde die Lust nach ähnlichen Unternehmungen und das Interesse für die bisher unbekannt gebliebene Gebirgswelt gesteigert.

Durch einen Ausflug, den mehrere Berner nach den Gletschern von Grindelwald machten, wurde Pfarrer Joh. Georg Altmann[3]) veranlasst zu seinem „Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisberge", Zürich 1751. Der Titel verspricht mehr, als der Verfasser, der ausser den Gletschern in Grindelwald wenig andere gesehen zu haben scheint, zu halten vermag, und er sucht die Lücken durch eine Beschreibung des Aargletschers von Dr. Capeller und der Gletscher von Chamonix nach dem im „Mercure suisse"

---

[1]) Studer, S. 218.
[2]) Studer, S. 226.
[3]) Studer, S. 346.

erschienenen Bericht zu ergänzen. Wie Christen, den er jedoch nicht anführt, behauptet Altmann das Vorkommen eines Eismeeres, das sich von Glarus über den Gotthard und die Grimsel bis Lauterbrunnen erstrecke; dieses Eismeer sei vollkommen eben und bestehe aus einer dicken Eistafel. die auf Wasser schwimme, zuweilen aber, unter dem Druck der zwischen dem Wasser und dem Eis eingeschlossenen Luft, mit starkem Getös berste und bis auf das Wasser hinabgehende Spalten werfe. Die Gletscher seien Abflüsse des Eismeeres, das sich durch abfallende Thäler von seinem Überfluss an Wasser und Eis entlade. Dass sie, wie Scheuchzer annahm, von unten her wachsen, wird bestritten; sie bewegen sich, unter der Last der Masse des Eismeeres, im Sommer wie im Winter und schreiten so weit abwärts, als es das Abschmelzen des unteren Randes gestattet. Das Vorrücken oder Zurücktreten dieses Randes hängt von der Witterung der Jahre ab und ist an keine bestimmten Perioden, wie die früher angenommene von sieben Jahren, gebunden. Das Ausstossen der toten Körper erklärt sich genügend aus dem Hervorbrechen der Wasser aus den Spalten und aus dem Abschmelzen des sie umschliessenden Eises. Das Eis der Gletscher ist nach Altmann härter und schmilzt langsamer als gewöhnliches Eis, weil es einen höheren Grad von Kälte besitzt; es ist ferner, weil alle Luft und warmen Teile ausgetrieben sind, grau oder blau und undurchsichtig, gewöhnliches Eis dagegen, oder noch nicht hart gefrorenes Gletschereis ist durchsichtig wie Glas und farblos.

Wie sehr noch zu dieser Zeit, schreibt Rütimeyer,[1]) die Eisregion eine terra incognita war, zeigt hauptsächlich der von Altmann ausgegangene Bericht, dass die Gletscher nur Ausflüsse eines über einen grossen Teil der Alpen ausgedehnten gemeinsamen Eismeeres seien. Mit Altmanns

---

[1]) Rütimeyer, Zur G. d. Gletscherstudien, S. 381, 382.

Ansicht über das Wesen der Gletscher stimmt im allgemeinen überein Capeller,[1]) dessen Arbeit über den Aargletscher und die Krystalle des Zinkenstockes Altmann in sein Buch aufgenommen hat. Capeller findet ebenfalls einen Unterschied zwischen gewöhnlichem Eis und Gletschereis, „zumal dieses seine Härte nicht in kurzer Zeit, sondern durch den Lauf sehr vieler Jahre, durch die grosse Menge des auf einander gehäuften Schnees empfangen, und der auch zum Teil bei warmer Witterung auf einander geschmolzen, und endlich diesen harten und kalten Leib geboren, daher die Einwohner dieses Landes dieses Eis Firn heissen, welches so viel ist als nix frigoribus obfirmata." Das Fortrücken der Gletscher erklärt er auch aus dem Druck der oberen Gletschermasse auf die untere, die durch die unter dem Gletscher fliessenden Wasser vom Felsboden losgetrennt sei.

Öfters wird in den Schriften des vorigen Jahrhunderts auch die Beschreibung des Räzliberges, im Hintergrund des Simmenthales, von Langhans angeführt.[2]) Sie erschien zwei Jahre nach der Arbeit Altmanns und beruft sich wiederholt auf dieselbe. Betreffs der Entstehung der Gletscher weicht die Ansicht von Langhans etwas von derjenigen Altmanns ab. Den Unterschied zwischen gewöhnlichem und Gletschereis glaubt er nämlich, nach angestellten Versuchen, darin zu finden, dass letzteres mehr „salpetrichte", Kälte erzeugende Teile enthalte, als das erstere; der Abfluss des Schmelzwassers aus dem höher liegenden Eismeer habe nun die Gebirgsabhänge, über die es sich ergiesse, aller „schweflichten und ölichten, erwärmenden Stoffe" beraubt und dafür mit „salpetrichten Teilen" geschwängert, und auf diesem kalten Boden habe sich eine Eistafel gebildet, die durch das nachfliessende, auf ihr anfrierende Wasser

---

[1]) Studer, S. 348; R. Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz, 3 Band, S. 140 ff.

[2]) Studer, S. 349; v. Boehm, S. 9.

immer mehr an Dicke zugenommen und die Gletscher erzeugt habe.

Die Altmannsche Ansicht erhielt schon bald eine Berichtigung durch eine neue Monographie des Eisgebietes, die der Altmannschen auf dem Fusse folgte, von Gottl. Sigm. Gruner, bernischem Fürsprech: „Die Eisgebirge des Schweizerlandes", Bern 1760.[1]) Auch Gruner hat von den Alpengebirgen wenig eigene Anschauung, was man schon aus seiner Versicherung (I, p. 117) schliessen kann, dass dem Rotthal hinter der Jungfrau „einer der fürchterlichsten und wildesten Gegenden unseres Erdteils, da heutzutage weder Menschen noch Vieh hinkommen können, seit Herrn Dr. Christen kein Gelehrter so nahe gewesen ist." [2]) Er kannte das Hochgebirge nur aus Karten und vom Hörensagen. Alles daselbst ist „furchtbar", „erschröcklich", „entsetzlich."

Der 3. Band von Gruners Eisgebirgen enthält eine fleissig ausgearbeitete Naturgeschichte der Gletscher. Gruner kannte[3]) die Gletscher mit wenigen Ausnahmen nur aus älteren Schriften, fleissigen Erkundigungen und nach den Zeichnungen von Künstlern, denen der Sinn für naturgetreue Auffassung vollkommen abging. Wer die Entstehung so phantastischer Massen, die seine Abbildungen als Berninagletscher, Rhonegletscher u. s. w. bezeichnen, erklären will, muss notwendig auf wunderbare Gedanken verfallen. Es gehört dahin die Untersuchung über den Ur-

---

[1]) Studer, S. 339 ff. u. S. 349. Rütimeyer, Z. G. d. Gletscherstudien, S. 382.

[2]) Immerhin ist zuzugestehen, dass das übereiste Rotthal, wohin die Volkssage sonderbare Klangerscheinungen verlegt, eine schwer zugängliche Örtlichkeit ist, zu der wenigstens im Winter der Zugang nur mit äusserster Anstrengung erzwungen werden kann (Wittmann, Spaziergänge in den Alpen, Frauenfeld 1892, p. 395 ff.). Wir werden uns davon weiter unten, bei Hugis eigenen Wanderungen, noch mehr überzeugen.

[3]) Studer, S. 350, 351.

sprung der Gletscherberge, d. h. in ihrer ganzen Masse aus Eis bestehender Hügel, die in der Natur nicht vorkommen.

Die von Gruner entwickelten Ansichten über die Beschaffenheit des Gletschereises, das er als mehr oder weniger zusammengefrorenen Schnee betrachtet, über die Entstehung der Gletscher, die er zu näherer Bezeichnung Eisschründe nennt, als unter der Last der in den höheren Eisthälern angehäuften Massen abfliessender Eisströme, über den Einfluss des Bodens auf die Dauer der Schnee- und Eisbedeckung u. a. m. sind grossenteils eine weitere Ausführung der von Christen, Altmann und Langhans gegebenen Darlegungen. Die Grunersche Ansicht über das Wesen der Gletscher ergibt sich aus folgender Stelle, S. 143: „Die Eisthäler leeren den empfangenen Überfluss, gleich einem vollen und überlaufenden Kasten, beständig durch ihre Öffnungen aus. Dieses Schneewasser, indem es über die Oberfläche des Eismeeres herunterrinnt, gefriert daselbst in den kälteren Jahreszeiten und macht neue Lagen. Denn ungeacht in den Eisthälern ein beständiger Frost herrscht, so liegen dennoch die grossen Eisklumpen, welche die Thäler ausfüllen, beständig auf Wasser, welches wegen der beständigen Ausdünstung der Berge an der unteren Fläche des Eisklumpens abgeschmolzen wird, von da sich im Winter wie im Sommer unter dem Eisklumpen in das Thal hervor ergiesst, durch die Öffnungen desselben auch über die äusseren Eisdecken herunterrinnt und während seines Ablaufes gefriert."

Auch die von Gruner (III, 3)[1]) gegebene Einteilung der Gletscher in Gletscherberge, Eisschründe, Eiswände und Eislagen spricht nicht von sehr genauer eigener Beobachtung, obwohl er „dem Ursprung aller dieser verschiedenen Eisgebiete in einem langen Kapitel betrachtend nachgeht und für die Bewegung der Gletscher eine breite physikalische Erklärung, durch Gefrieren des Schmelzwassers des über-

[1]) Rütimeyer, S. 383.

liegenden Schnees, beifügt". Trotzdem hat Gruner durch Erkundigungen aus fremder Hand die Topographie des Gletschergebietes bedeutend erweitert, und sein Buch war für lange Zeit die fleissigste Zusammenstellung über das Alpengebirge. Der Altmannschen Ansicht von einem Zusammenhang aller Gletscher tritt er wiederholt entgegen und findet, dass weit eher die Gletschergebiete von Norwegen und Schweden als das Eisgebiet des Polarkreises mit der Eisregion der Alpen zu vergleichen seien.

Ferner verdient Erwähnung der Dichter A. v. Haller.[1] In der Vorrede zu den Wagnerschen Zeichnungen 1777, deren erste Lieferung unter dem Titel „Merkwürdige Prospekte aus den Schweizergebirgen" erschien und zehn Ansichten aus dem Lauterbrunnenthal enthält, sucht Haller durch die Annahme, dass das Fortrücken der Gletscher durch die Elastizität der eingeschlossenen Luft bewirkt werde, die von ihm vorgetragene Grunersche Theorie mit derjenigen von Scheuchzer und Hottinger zu vereinigen.

De Luc[2]), in der Erzählung seiner Reise auf den Buet („Modific. de l'atmosphère", II.) sagt nur Weniges über den erstiegenen Gletscher. Unter dem Einfluss der inneren Erdwärme erleide der Gletscher fortwährend, selbst im Winter, ein Abschmelzen an der Unterfläche und, durch ungleichen Fortschritt dieser Schmelzung, entstehen Höhlungen, welche Einstürze zur Folge hätten, denen er die Spalten des Gletschers zuschreibt. Später[3]) unterscheidet De Luc die ältere Benennung „Glacières", die er für den Firn oder die höhere Schnee- und Eisdecke beibehält, von den „Glaciers" oder den in die Thäler herabgehenden Gletschern.

Erst zu Ende des vorigen Jahrhunderts, sagt Rütimeyer[4]), wagten es die Beobachter ernstlich, ihren Fuss auf das Eis

---

[1]) Studer, S. 353.

[2]) Studer, S. 354, 355.

[3]) Deluc, Lettres physiques et morales sur l'histoire de la terre et de l'homme, Haag 1778—1780, S. 137 ff

[4]) Rütimeyer, S. 383.

selbst zu setzen, und zwar in erster Linie nur zu topographischen Zwecken und zu Höhenmessungen. Es entsteht das Relief eines Teiles des Alpenlandes von General Ludwig Pfyffer[1]) (in Luzern aufbewahrt) und dasjenige von Eugen Müller[2]) aus Engelberg (aufbewahrt in der Wasserkirche zu Zürich). Um diese Zeit nahm das Studium der Gletscher einen bedeutenden Aufschwung und veranlasste eine Anzahl von Reisen in das Innere des Eisgebietes. Hier sind zu nennen L. Bordier[3]) (14. Kapitel seiner „Voyage pittor. aux Glacières de Savoye", 1773) und Theod. Bourrit[4]) („Description des Glacières, Glaciers et Amas de glace du Duché de Savoye", 1773). Bourrit fällt in Betreff der Walliser Alpen in denselben Irrtum, wie lange vor ihm Christen und Altmann in den Berner Alpen: er glaubt, dass vom Hintergrund des Bagnethales ein ununterbrochenes Eismeer, zwischen zwei Gebirgsreihen eingeschlossen, sich bis an den Simplon fort erstrecke. Die zwei Genfer Bordier und Bourrit beschreiben (1773—1785) die Eisgebiete von Savoyen und Wallis, versuchen sich am Montblanc, als dessen erster wissenschaftlicher Besteiger der gleich zu erwähnende Saussure zu nennen ist, und dringen tiefer in die Gletscherwelt mit offenem Sinn für Beobachtung ein.

In diese Zeit fallen zwei fundamentale Werke, durch die die Gletscherkunde einen sicheren Boden gewinnt. Die eine dieser Arbeiten, die im Jahre 1787 in Höpfners „Magazin für Helvetiens Naturkunde" erschienen ist, beschränkt sich auf einen kurzen Aufsatz: „Versuch über den Mechanismus der Gletscher" betitelt, der keineswegs von einem Physiker, sondern von dem helvetischen „Minister" Bernh. Friedr. Kuhn aus Bern herrührt.[5]) Auf Grund von Beobachtungen in

---

[1]) Studer, S. 293. 294; R. Wolf, a. a. O., 3. Band., a. v. St.

[2]) Studer, S. 493.

[3]) Studer, S. 561.

[4]) Studer, S. 517, 518

[5]) Studer, S. 565; v. Boehm, a. a. O., S. 35 ff.; Rütimeyer, S. 385.

Grindelwald, wo er als Sohn des dortigen Pfarrers aufgewachsen, beschreibt Kuhn in kurzer, aber scharfer Weise die wichtigsten Erscheinungen der Gletscherstruktur, erklärt die Gletscherbewegung durch den Druck, den die höhere Schneemasse auf die in der Tiefe allmählich in Eis übergehende ausübe, und erörtert auch die Entstehung der Moränen, aus deren Vorschiebung er als der Erste auf eine einstige ungewöhnlich grosse Ausdehnung der Gletscher schliesst. Trotz ihres geringen Umfanges ist diese Arbeit in Wahrheit eine vollständige Gletschertheorie zu nennen. 1779—1796 erscheint das andere Fundamentalwerk, niedergelegt in den weit berühmter gewordenen Alpenreisen eines Horace Benedict de Saussure,[1] des Begründers der Physik und Geologie des Alpengebirges.

Saussures Anschauungen über das Wesen der Gletscher finden sich in dem 1779 erschienenen ersten und im vierten Bande (1796) seiner Reisen, der auch seine Besteigung des Montblanc (1787) und seinen Aufenthalt auf dem Col du Géant (1788) schildert. Saussure erklärt wie Kuhn die Bewegung der Gletscher, bleibt aber in der Darstellung der Moränenbildung hinter jenem zurück. Abgesehen von Desmarest,[2] der die Gletscher von Chamonix 1765 besucht und sich über ihre Entstehung eine besondere Theorie gebildet hatte, verdient Erwähnung der französische Baron Ramond,[3] der erste Besucher der Pyrenäen-Gletscher, dessen Darstellung den zuerst 1789 erschienenen „Travels in Switzerland" von William Coxe beigefügt ist. Wir hören, dass schon zu dieser Zeit auf Veranlassung des französischen Gesandten Hennin in Genf mit Hilfe von in Gletscherspalten eingesetzten Tannen Messungen über die Bewegung der Gletscher in Faucigny (Savoyen) angestellt wurden. In dem „Manuel" von Besson, das die Einleitung zu La Bordes „Tableaux topogr." bildet, ist meist nach Saus-

[1]) Studer, S. 562.
[2]) Studer, S. 562.
[3]) Studer, S. 564.

sure zusammengestellt, was bis 1786 über die Gletscher bekannt war. Die Grundlage des Gletscherphänomens, die fortschreitende Bewegung der Gletscher wird in Frage gestellt durch Ploucquet[1]) in Tübingen in seiner „Vertraulichen Erzählung einer Schweizerreise in Briefen" 1787, worauf eine Widerlegung durch Kuhn in Höpfners Mag. III. erfolgt. Eine neue, obgleich schlecht aufgefasste Thatsache verdankt man indes Ploucquet: „Sowie Saussure das Gletschereis beschreibt, sagt er (Vertraul. Erz. S. 95), habe ich es nicht gefunden, sondern es war eine locker aneinander hängende Sammlung von abgerundeten Würfeln, deren keiner, meines Erachtens, einen Kubikzoll mass." Wichtig als erste Wahrnehmung des Zerfallens schmelzender Stücke von Gletschereis in Körner, die Hugi später als Gletscherkrystalle beschrieben hat.

Dieser Periode regerer Thätigkeit auf unserem Gebiete folgt wieder ein merkwürdiger, etwa 2—3 Jahrzehnte dauernder Stillstand in den Untersuchungen über die Gletscher. Weder in naturhistorischen Werken, wo man die Behandlung dieser Frage erwarten sollte, wie etwa in dem damals bedeutenden Buche Ebels „Über den Bau der Erde im Alpengebirge" 1808[2]), noch in der trefflichen, von 1805—1827 fortgesetzten und der genauen Kenntnis der Alpen speziell gewidmeten Zeitschrift „Alpina" von Salis, noch in Ebels Anleitung, „auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen", geschieht der Gletscher irgend besondere Erwähnung. Geologie, Zoologie und Botanik scheinen während dieser Zeit jene physikalischen Fragen verdrängt zu haben. Auch in dem Bulletin der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1817—1823 (Naturwissenschaftlicher Anzeiger, von Prof. F. Meissner in

---

[1]) Studer, S. 567. Genaueres über die zu wenig bekannten Verdienste Bessons findet sich bei v. Böhm (S. 18 ff. S. 34 ff. S. 60 ff.). Ueber Ploucquet siehe ebendort S. 38.

[2]) Rütimeyer, S. 387.

Bern) sind die Gletscher und Schneefelder fast ganz vergessen.

1816 trug Ignaz Venetz,[1]) Strasseninspektor des Kanton Wallis, der damals in Bern tagenden Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft über den Transport von Felsblöcken durch Gletscher vor.[2]) Bei ihrer dritten Jahresversammlung 1817 in Zürich stellte obengenannte Gesellschaft eine Preisfrage über die Veränderungen im Alpenklima auf und brachte dadurch die Gletscherforschung von neuem in Fluss. 1820[3]) lief unter dem Titel „Betrachtungen über die Veränderung im Klima des Alpengebirges" eine Bewerbung von Oberförster K. Kasthofer ein, die viele gesammelte Beobachtungen aus dem Gebiete des Kantons Bern, aber über die Gletscher nichts Neues enthielt. In der nämlichen Jahresversammlung in Genf, wo die Kasthofersche Arbeit den Preis von 300 Frcs. erhielt, wurde dann die Frage, anders formuliert, von neuem ausgeschrieben.

Wohl schon lange, fährt Heim[4]) fort, haben Gebirgsbewohner grosse Felsblöcke, die auf Hügelzügen vom jetzigen Standort entfernt liegen, als durch früher grössere Gletscher hergebracht betrachtet. Hier ist nun besonders hinzuweisen auf Forels Aufsatz: „Jean Pierre Perraudin de Lourtier, précurseur glaciairiste." Es heisst da:

„D'une note et de quelques circonstances il résulte que avant 1819, Perraudin (nebenbei bemerkt, ein Bauersmann) a observé les polis et stries glaciaires; qu'il les a reconnu en dehors du champ actuel des glaciers, et qu'il a basé sa généralistaion de l'ancienne extension des glaciers, non seulement sur la distribution éloignée des polis glaciaires. Perraudin avait donc, avec une sûreté remarquable, tiré de ses observations les éléments principaux de la théorie gla-

---

[1]) Studer, S. 569, 603.

[2]) Heim, S. 534. Vergl. die im Litteraturverzeichnis zitierte Studie von Forel.

[3]) Rütimeyer, S. 388. Heim, S. 534.

[4]) Heim, S. 534.

ciaire qui n'a été elaborée par Venetz, Charpentier, Agassiz et leurs successeurs, que quinze et vingt ans plus tard."

In der wissenschaftlichen Welt hat unterdessen Playfair[1]) als der zweite, und ohne von Kuhn zu wissen, mit aller Bestimmtheit Gletscher als ein Transportmittel grosser Blöcke bezeichnet; 1816 erkannte er die aus alpinen Blöcken bestehenden Moränen am Jura und schrieb dieselben einem Gletscher zu, der einst den Genfersee und die Schweizerische Hochebene überschritten haben müsse.[2]) Die Angaben von Playfair blieben fast unbeachtet.

1821 las Venetz seine Untersuchungen: „Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes de la Suisse" als preisgekrönte Antwort auf die von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ausgeschriebene Preisaufgabe vor. Venetz beschäftigt sich fast ausschliesslich mit Beobachtungen über das Wachsen und Abnehmen der Gletscher. Er bemerkt, dass die Schneelinie im Jahre 1811 sehr viel höher war als 1821 und in den Jahren 1815, 1816 und 1817 um einige hundert Fuss herabgestiegen sei. Einerseits[3]) weist er auf zahlreiche Dokumente hin, die eine im Mittelalter geringere Ausdehnung der Gletscher feststellen, andererseits leitet er die grossen eckigen Felsblöcke, entfernt von ihrem Stammorte, und alte Moränen von grossen vorhistorischen Gletschern ab. Fast gleichzeitig, nämlich 1823, haben Professor Esmark in Christiania (s. oben) und 1832 Bernhardi in Deutschland ebenfalls Blöcke und

[1]) Playfair, Illustrations of the Huttonian theory, Edinburgh 1802. S. 388. Neben Playfair und dem etwas späteren Esmark (v. Boehm, S. 50 ff.) darf auch ein Goethe nicht vergessen werden, der sich merkwürdig korrekte Ansichten von Gletschern und Findlingsblöcken gebildet hatte (Hederich, Goethe und die physikalische Geographie, Münch. Geogr. Studien, 6. Stück, München, 1898). Heim, S. 534.

[2]) Playfair, Works I. S. 29. Vgl. hiezu die höchst ansprechende Schilderung Pencks (Die Vergletscherung der deutschen Alpen, Leipzig 1883, S. 1 ff.).

[3]) Heim, S. 535.

Schuttwälle in nicht vergletscherten Teilen von früherer Vergletscherung abgeleitet. Diese letzten Arbeiten blieben fast ganz vergessen. 1829 erklärte Venetz schon die erratischen Blöcke im Jura und die Moränen des Molasselandes als durch Gletscher aus den Walliseralpen gebracht. Johann von Charpentier, Salinendirektor in Bex (Waadt), fürchtete für den guten Ruf seines Freundes Venetz und begann nun eingehende Studien über die Wirkungen der Gletscher zu dem Zwecke, Venetz von seiner sonderbaren Idee abzubringen. Statt dessen wurde er selbst der beste Vorkämpfer derselben. 1834 verteidigten schon beide in gemeinsamer Arbeit den Blocktransport durch Gletscher. 1841 erschien Charpentiers klassisches Werk „Essai sur les glaciers", und ungefähr gleichzeitig machte Arn. Escher seine Untersuchungen über die alten Moränen im Aar-, Reuss-, Linth- und Rheingebiet.

Mehr und mehr beginnt nun das Studium der Gletscher an sich in enge Beziehung zu treten zu dem der Fragen, welche mit der Ausdehnung dieser Eisgebilde in vergangenen Zeiten zusammenhängen. Da treffen wir zuerst den Namen Hugis, eines Solothurners.

Doch bevor wir zu dessen eingehenderer Würdigung übergehen, müssen wir noch hinweisen auf Jam. D. Forbes, Professor an der Universität Edinburgh, der Norwegen und seine Gletscher beschrieben und Reisen in den Hochalpen der Dauphiné und der Westschweiz unternommen hat („Norway and its glaciers visited in 1851", Edinburgh 1853). Der letzte Teil dieses Buches, S. 225 ff.[1]), bildet die Beschreibung von des Verfassers Reisen in den Alpen der Dauphiné, des Berner Oberlandes und Savoyens. In der Dauphiné, die er 1839 und 1841 besuchte, ging er von Allevard aus im Thale der Breda aufwärts bis zu dem 7144 F. hohen Passe der sieben Seen, dann auf der Süd-

[1]) Leipziger Repertorium, 51. Band, S. 31. Die deutsche Ausgabe dieses Werkes (von Zuchold, Leipzig 1854) ist jetzt ebenfalls selten geworden.

seite des Passes in das Thal von Allemont hinab, welches unterhalb Bourg d'Oisons in das Romanche-Thal ausläuft, dann über den Col de Sais nach La Chapelle u. s. w.

Im Berner Oberlande besuchte jener Schotte in Begleitung von Agassiz den Unteraargletscher, die Grimsel, von wo er einen Ausflug nach dem Aletschgletscher im Wallis machte, den Oberaargletscher und den Vieschgletscher und bestieg am 28. August 1841 die bekanntlich höchst selten bezwungene Jungfrau, und zwar vom Märjelen-See aus. Die Schilderung dieser 17½ stündigen Wanderung, die mit grossen Gefahren verbunden war, ist ungemein lebhaft und bildet eine der anziehendsten Partien des ganzen Buches, indem sie sich den fesselndsten Episoden in Hugis Schriften zur Seite stellt.

II. Hugis naturhistorische Alpenreise und Winterreise ins „Eismeer".

Franz Joseph Hugi, Geologe und Naturhistoriker, geb. 23. Januar 1796 zu Grenchen im Kanton Solothurn, studierte an der Universität Landshut und widmete sich dann in Wien mit Eifer den naturwissenschaftlichen Studien. Nach Solothurn zurückgekehrt, gründete er daselbst die Naturforschende Kantonalgesellschaft, sowie das Naturhistorische Museum, das er 1830 an die Stadt abtrat, und das sich durch eine selten umfassende Sammlung merkwürdiger Jura-Versteinerungen auszeichnet, und endlich den botanischen Garten.

Schon frühzeitig, nämlich seit dem Jahre 1821, hatte Hugi behufs Erforschung der geologischen Verhältnisse grosse Reisen in die Alpen und in den Jura unternommen und sich wegen der abenteuerlichen Art, mit der er zu den bis dahin für unzugänglich erachteten Teilen der Alpen, hauptsächlich der Gletscherregion, vordrang, einen gewissen Ruf erworben. In den Jahren 1828/1829 besuchte er unter grossen Mühen und Gefahren die Jungfrau und das Finsteraarhorn, das zum erstenmale von ihm bestiegen und gemessen wurde.

Die Ergebnisse seiner Untersuchungen in der Alpenwelt legte er nieder in seinem Werke: „Naturhistorische Alpenreisen, Solothurn 1830."

Infolge seiner wissenschaftlichen Thätigkeit erhielt Hugi die Stelle eines Waisenhausdirektors, dann Reallehrers und schliesslich eines Professors der Physik und Naturwissenschaft am dortigen Lyceum, welche Stelle er bis zu seinem Übertritte zum Protestantismus im Jahre 1837 bekleidete.[1]) Mit der inzwischen rege gewordenen Gletscherfrage beschäftigte sich Hugi aufs eifrigste und entwickelte seine eigentümlichen Ansichten in den Schriften:

„Über das Wesen der Gletscher und Winterreise ins Eismeer", Stuttgart 1842 und „Die Gletscher und die erratischen Blöcke", Solothurn 1843.

Ausser diesen genannten grösseren Werken, wozu auch die „Grundzüge zu einer allgemeinen Naturansicht" (Solothurn 1841) gehören, erschienen von Hugi zahlreiche kleinere Aufsätze und Abhandlungen in verschiedenen Zeitschriften.

Der unermüdliche thätige Mann wurde am 25. März 1855 durch den Tod seinen Angehörigen entrissen, von denen heute (1902) noch drei Söhne am Leben sind; ein Pfarrer, ein Optiker und ein Bankbeamter. Ausserdem eine Tochter, die Schriftstellerin Eggimann. Ein Enkel ist Geologe.

Betrachten wir zunächst Hugis „Naturhistorische Alpenreisen". Man könnte vielleicht der Meinung sein, dass ein tieferes Eingehen in den sportlich-touristischen Teil dieses Werkes in einer geographischen Arbeit vom Ziele ablenken möchte; erwägt man indessen, dass Hugi eben ein Pfadfinder war, der den Weg zu bis dahin fast unbetretenen Gegenden zeigte, so verdient auch diese Seite seines Wirkens ebensogut Beachtung, als wenn es sich um die Thaten eines Länderentdeckers handelte.

[1]) Einige weitere biographische Notizen, die sich jedoch nicht auf die uns hier beschäftigenden Fragen beziehen, hat vor kurzem Strüby in einer Solothurner Tageszeitung vorgelegt.

Hugis häufige naturhistorische Wanderungen im Jura führten ihn, wie er selbst sagt, endlich in die Alpen um verschiedener Zwecke willen. Vor allem aber wollte er seine Aufmerksamkeit widmen den in mancher Beziehung noch rätselhaften Gletscher- und Firngebilden. „Aus diesem Grunde," sagt er,[1]) „entschloss ich mich über das grosse, bei 100 Quadrat-Stunden haltende Gletschergebilde der Berneralpen ein trigonometrisches Netz zu ziehen, und dann nach und nach mit topographischen Aufnahmen fortzufahren.

Das erscheint mir notwendig, um das Vorrücken, das Ausdehnen, die Zu- und Abnahme der Gletscher, das Kreuzen der Schlünde in verschiedenen Jahren u. s. w. zu erklären. Kurz, es erscheint mir notwendig, um etwas von Bedeutung zur Geschichte der Gletscher beitragen zu können."

Zu einer guten Ausrüstung, bestehend aus Baro-, Thermo-, Hygrometer, Tubus, Fusseisen, Alpstöcken u. s. w., gesellten sich noch treffliche Reisegefährten, darunter sein Freund Lehrer Roth und der Offizier J. Walker, der die Gletschergefilde topographisch aufnehmen sollte. Am 1. August 1828 verliessen sie Solothurn und eilten am gleichen Tage bis Unterseen. Am nächsten Tage brachen sie sehr frühe auf und erreichten gegen 9 Uhr Lauterbrunnen, von wo sie gegen 12 Uhr abreisten. Ob Sichellawinen bei den „drei Ahornen" wurden Beobachtungen angestellt über die Temperatur von siedendem Wasser und Weingeist.

Von hier führte sie ein äusserst wilder Weg in mannigfachen Zickzacken den Felsen entlang über Tobel auf den Stuffstein, dessen Hütte sie gegen 6 Uhr erreichten. Nach einer regnerischen Nacht brachen sie gegen 7 Uhr auf zur Wanderung nach dem Rotthal (s. o.). Hugis Solothurner Reisegefährten wollten nicht glauben, dass da droben am Himmel noch ein stundenlanges Thal „hängen" sollte. Vor einem Jahre hatte Hugi selbst seine Führer Narren genannt, die dort an den Jungfraufelsen ihm das Rotthal zeigen wollten, wo er kaum

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 6.

ein Band an den Felsen zu unterscheiden im stande war. Bisher wusste man von dem Thale auch bloss den Namen. Gruner hat nicht einmal die Gegend gekannt, und Christen, ausser dem, wie Gruner sagt, niemals ein Gelehrter dem Rotthale so nahe kommen werde, gibt selbst zu, dass er nicht den Vorwitz gehabt hätte, den „Höllenweg unter die Füsse zu nehmen". Ebel berührt das Thal nicht einmal dem Namen nach. Wyss weiss nur von einer furchtbaren Vergletscherung des Thales zu berichten. Das eigentliche Rotthal ist wahrscheinlich zum erstenmale von Hugi begangen worden (1827).

Während seine Gefährten über die Mitte des Urgebirgsrückens hinaufzogen, stieg Hugi links an den senkrecht so gewaltig aufgeschichteten Kalkwänden empor und erreichte um 11 Uhr das Rotthal; bald nach ihm kamen auch die Begleiter. Unter Untersuchungen der Kalkgebilde war der Mittag längst verflossen. Triefend vom Regen, gepeitscht vom heftigen Sturm, halb erfroren genossen die Wanderer das Mittagsmahl und stiegen dann links über Abgründe, Gebirgstrümmer und Schneestreifen dem Ufer des Firnes entlang und dann nach einer Stunde rechts auf dessen Mitte, die etwa 8900 Fuss Meereshöhe hat. Als sie dann den Hintergrund des Thales und seine höchste Stelle erreichten, ging der Regen in Schnee über. Da es die ganze Nacht hindurch ununterbrochen sehr stark regnete, kehrte Hugi nach Lauterbrunnen zurück, wo er gegen 3 Uhr ankam.

In dem nun folgenden dritten Kapitel seiner Alpenreise unterbricht Hugi die bisher geschilderte Alpenwanderung und erzählt seine dritte Reise ins Rotthal im Jahre 1829. Am 16. Juli brach er auf, gelangte am 18. nach Lauterbrunnen, und gegen 1 Uhr befand er sich am Eingang des Rotthales. Da das Wetter günstig war, wollte er am Hintergrunde des Firnthales übernachten. Während seine Leute das Nachtlager bauen, erklettert Hugi mit zweien der tüchtigsten Steiger die senkrechte Felswand. Die Felsen zu er-

steigen, sagt Hugi,[1]) schien anfangs keine Möglichkeit. Er machte sich nicht die geringste Hoffnung, klomm indessen eine ausgewitterte Wasserrunse hinan. Einige hundert Fuss vermochte er fast senkrecht über den Hochgranit emporzuklimmen, so dass er schliesslich nicht mehr zurück konnte, sondern einen Ausweg nach oben aufsuchen musste. Endlich hatte er sich wohl 2000 Fuss mit den Händen über die Felsen emporgearbeitet. Hugi kletterte dann um den westlichen Abhang der höchsten Jungfraukuppe herum und westlich hinab und zurück auf eine tiefere Stelle des Grates, von wo er unter grossen Mühen wieder über alle berührten Gebilde hinabstieg. Die Momente auf jener Höhe waren wirklich schauererregend: über dem kühnen Steiger hingen die höchsten Firne der Jungfraukuppe herab, und unter ihm lag in wildem Abgrunde das Rotthal mit allen seinen Schrecknissen. Zudem war das Gebirge in der Tiefe gegen Westen schrecklich „ausgetobelt" und der Schlund mit „zertrümmerten Gebirgshörnern" angefüllt. Die Sonne war schon unter dem Horizonte, als Hugi das Thal und die Gefährten wieder erreichte, die ihn freudevoll begrüssten. Als sie ihn fast senkrecht vom Himmel herabsteigen sahen, ward es ihnen bange.

Er sah nun die inzwischen errichtete Hütte vollendet. Der Raum für 9 Mann wurde zuerst auf dem Boden abgezeichnet,[2]) und dann eine lange Vorder- mit zwei Seitenlinien gezogen, über denen die Mauern sich erheben sollten. Peter, einer der Begleiter, wurde zum Baumeister ernannt, und ein gewisser Roth übernahm es, das Lager auszupolstern, sowie die Mauerlücken gegen den Sturm mit Moos auszustopfen. Die einen wälzten Steine daher, andere fügten sie übereinander oder suchten im Steingetrümmer Glimmer- und Gneisschichten, die sie zu schützendem Dache in Platten spalteten. So hatte Hugi die Bauleute verlassen, die nun

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 67, 68.
[2]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 66.

ihr Meisterwerk nahezu vollendet hatten. Bis auf eine Öffnung, die als Fenster diente und bei einbrechendem Regen und eintretender Kälte mit einem Harztuche bedeckt werden sollte, war die Hütte ganz zugewölbt. Auf einen herrlichen Abend, den Peter durch Alpenliedervortrag noch zu verschönern wusste, folgte eine kalte Nacht und kalter Morgen. Hugi brach nach dem Hintergrunde des Thales auf und versuchte den Sattel zu ersteigen. Doch da die Führer wenig Lust zeigten, voraus zu gehen, und da zudem das Wetter sich zu ändern schien, gab Hugi seinen Plan auf und stieg von 8933 Fuss Meereshöhe wieder der Hütte zu, 8600 Fuss, wo er Roth noch mit dem Einordnen von Pflanzen beschäftigt fand. Gemeinsam gingen sie nun wieder auf die Stuffsteinalp; von hier Roth nach Solothurn, während Hugi die Reise nach dem Wallis fortsetzte.

Im Jahre 1828 — und damit nehmen wir den Faden der oben unterbrochenen Reiseerzählung wieder auf — hatte das schlechte Wetter die Reisegesellschaft hinab nach Lauterbrunnen getrieben. Bei trübem Wetter setzte Hugi seine Reise fort bis Grindelwald. Schon auf der Höhe der Scheidegg fiel heftiger Regen, der sie bis Grindelwald begleitete. Hier hielt der Regen mehrere Tage ununterbrochen an. Hugis Solothurnische Begleiter zogen heim, während er selbst über die Joche nach Unterwalden zu gehen im Sinne hatte. Nach drei Tagen brach er nach Meiringen auf, konnte aber bloss Rosenlaui erreichen. Da das Barometer stieg, die Nacht den Himmel aufhellte und ein wunderschöner Tag anbrach, änderte Hugi, den durchweichten Boden nicht achtend, seinen Plan, stieg durch den gestrigen Schmutz hinan bis zur Grossen Scheidegg und dann hinab nach Grindelwald. Von hier wurde noch am gleichen Tage mit fünf tapferen Männern gegen zwei Uhr aufgebrochen. Ein sehr interessanter Weg führte die Gesellschaft an den Fuss des Mettenberges. Über das graue Gletschergebiet erreichte man abends 6 Uhr den Zäsenberg. Mit dem ersten Morgengrauen brachen Alle auf und erklommen rasch die Höhe

des Zäsenberges; von hier ging es wieder hinab auf das Eismeer, das von der Hütte bis dahin etwa um 2000 Fuss ansteigt. Hier am südlichen Fusse des Wengen und am Walchergrate beweisen ausgestossene Trümmer, dass in früherer Zeit der Firn über 20 Fuss höher stand als damals.

Das Überwandern des riesig ausgedehnten Firnmeeres bis zum Schreckhorn war mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Der Firn[1]) war mit frischem Schnee bedeckt und stellenweise, da das Feld zu horizontal war, fand sich alles bis zu grosser Tiefe in halbaufgelöste Massen verwandelt, neuer Krystallisierung harrend. Bald stürzte der Führer Burgener in einen verborgenen Schrund. Er wurde mit Mühe wieder zu Tage gefördert. Bald brach auch unter Hugi die Decke ein. Auch der Alpstock durchschnitt die Masse. So hing er, bloss den Strick in der Hand, in weitem Abgrunde und vermochte mit keinem Fusse die Wand des Schlundes zu erreichen. Es zeigte sich neben dieser eine zweite Spalte. Zwischen beiden war nur eine fussdicke Firnschicht. Das machte das Aufziehen mühsam und gefährlich. Ähnlich, doch weniger schlimm, ging es auch den übrigen, bis Baumann an der Spitze, bedächtig prüfend, mit ausserordentlicher Sachkenntnis die besseren Stellen aufzusuchen wusste.

Endlich gelangte die Karawane an den Fuss des Schreckhornes. Sehr anschaulich erzählt uns Hugi das äusserst mühsame Aufklettern, wobei die Hände mehr als die Füsse gebraucht wurden. Einige Male glaubte man sich auf der Höhe; aber frisch wieder zackte vor ihnen das Gebirge sich empor oder zerschnitt sich in Abgründe. Sie erreichten die Höhe und dieser entlang die Strahlegg, hinter sich das gewaltig „emporgezackte" Schreckhorn, vor sich die fast senkrechte Pyramide des Finsteraarhorns, unter sich nichts als ewigen Firn. „Das Gehänge ist graus ineinander gewirrt," schreibt Hugi,[2]) „durch Schlünde und emporstre-

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 112, 113.
[2]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 113, 114.

bende Felsen, bedeckt mit hängenden Firneslasten. Nur eine Eiswand hebt als einigermassen mässiges Gebilde zwischen mächtigen Klippen sich empor. Sie hängt aber so steil herab, dass man vom Grate, gegen 1000 Fuss über den ebenen Firn erhaben, mit einem Steine auf selben hinabwarf." Hugi gebot endlich, mehr gegen das Finsteraarhorn hin das Herabklimmen zu versuchen, allein umsonst; es war unmöglich. Man band nun Roth zur Rekognoszierung an den Strick und liess ihn auf die Firnwand hinunter. „Kaum war er 50 Schritt hinab,[1]) so glitt der Firn unter seinen Füssen weg, und mit unbeschreiblichem Gezische als Lawine in den Abgrund." Am fernen Lauteraarhorn sah Hugi den in der Tiefe durch den Fall erzeugten Sturm mit Firngestöber wieder aufwirbeln. Er riet, gegen eine Firnrinne an einer mehr schattigen Felswand vorzudringen, allein das Erreichen derselben war unmöglich. Fünf Lawinen wurden in anderen misslungenen Versuchen auf gleiche Weise erzeugt. Es blieb den Kühnen nichts anderes übrig, als zurückzukehren. Sie vermieden jetzt helle Stellen, hielten sich mehr nach den Tobeln und liessen sich, einander unterstützend, durch das Steingetrümm hinab. So gelangten sie glücklich an das Firnmeer, überschritten es und überstiegen noch vor Nacht den Grünwengen; aber ehe sie die Hütte am Zäsenberg erreichten, brach ein heftiger Gewitterregen los. Die ganze Nacht und den kommenden Tag regnete es; trotzdem verliess Hugi den Zäsenberg und wanderte über den Gletscher. Am Mettenberge stürzten jetzt gewaltige Bäche herab, da war kein Mittelweg: Entweder zurückbleiben oder mitten durch den schmetternden Wasserfall. Der Weg ist kaum 2 Fuss breit, links senkrechte Abgründe, und rechts senkrecht aufgetürmte Felsen. Sie zogen zweimal durch die Mitte auf sie herabfallender Bäche und gelangten so, vom Regen und Sturzbach tüchtig ausgewaschen, wieder nach Grindelwald.

---

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 115.

Den folgenden Tag besuchte Hugi den Ausgang des Gletschers und die Petronellalm. Den Rest des wüsten Tages brachte er bei dem würdigen Pfarrer zu, mit dem er eine Reise nach der Itramenalp zum Schwingfest der Grindelwaldner und Lauterbrunner verabredete. Von dem freundlichen Grindelwald Abschied nehmend, zog er thalaufwärts dem oberen Gletscher zu, der an seinem Ausgange dem Forscher manch Interessantes bietet.

Seine Begleiter hatten schon die ferne Höhe der Scheidegg erreicht, als Hugi bei einbrechendem Regen mit heiterem Sinne den Gletscher verliess und über die schmutzige Mergelmasse emporstrebte. Unterwegs kam ein kräftiger Älpler von der Hütte herab ihm entgegen und blies auf einem 11 Fuss langen Alphorn gegen die Riesenwand des Wetterhornes. Hatte er einige Läufe ausgeführt, war er stille. Jetzt fing das Wetterhorn an, aber sonderbar in sanft geändertem Tone, mehr hell als klingend, wie aus überirdischer Ferne und gab das ganze Lied zurück.

In dem nun folgenden fünften Kapitel schildert Hugi seine Reise nach dem Rosenlauigletscher, der unter allen Gletschern als der hellfarbigste bekannt war, leider aber gegenwärtig nur noch ein Schatten dessen ist, was er einst vorstellte. Man stieg hinan über den Gletscher, und dann links an die Wände des Stellihornes, um über diese den Sattel zu erreichen. Meist packte Hugi die vereinzelten Büsche mit dem Haken des Alpstockes und zog sich daran aufwärts. So gelangten er und seine Begleiter zur senkrechten Wand, wo es helle wurde. „Hell" nennen's die Gemsjäger, wenn der Pfad so an senkrechten Wänden hinführt, dass bloss einzelne Anhaltspunkte für die Hände oder Füsse sich finden. Der wackere Gemsjäger Keller, der rekognosziert hatte, fand die Sache zu helle und glaubte, es müsse ein ganzer „Satz" von der Wand gestürzt sein. Hugi untersuchte mit dem Tubus von oben hinab den Gletscher und glaubte an die Möglichkeit des dortigen Emporsteigens. Allein der Führer Keller widersprach. Da gebot Hugi, vorläufig auf

den Gletscher hinabzusteigen. Dann ging es über den ungeheuren Gletscherwall empor gegen das Tosenhorn. „Es flogen nun oben herab einzelne Steine uns entgegen[1]) und über uns hinaus. Wir wagten uns doch an den Gletscherbruch, hieben Tritte ein und stiegen empor, hängend am hängenden Eise. Die Steinflüge mehrten sich, weil oben am Tosenhorne der Firn von der Sonne aufzuweichen begann.[2]) Ohne hinunter zu stürzen, konnte man keinem herabfliegenden auch nur einen Tritt ausweichen. Ich riet daher zur Eile, um die Höhe und erste Ebene zu gewinnen. Plötzlich aber tobte es oben. Eine Menge mehr als zentnerschwerer Brocken riss in einem Hagel sich los. Schrecklich sauste das durch die Luft. Einige flogen turmhoch über uns hin, während andere rings um uns absetzten, mit aufgestäubtem Eise uns bewarfen, und dann in einem Bogen zischend weiter stürzten. Da war es uns unheimlich. Wir zogen uns schnell in eine Gletscherspalte unter überhängendes Eis. Von hier aus bemerkte ich, dass nur in jener Gegend der Gletscher mit Schutt befallen sei, der unten dann zu jenem Walle sich aufhäufe. Also hinaus, rief ich, aus dem Wirkungskreis des grausen Tosenhornes auf des Firnes Mitte! Keller stämmte beiderseits in der bodenlosen Gletscherspalte sich an und schob sich vorwärts. Wir folgten ihm. So kamen wir endlich ausser Gefahr vor jenen greulichen Brocken. Wir rekognoszierten jetzt allseitig. Endlich hörten wir Kellers Stimme von oben herab uns einladen. Allein es gab noch manch Schauerliches. Weiter oben war der Firn so zerklüftet und zerrissen, dass man oft auf kaum fussdicken, aufgestellten Gletscherschichten zwischen weiten Abgründen wandern musste.“ Hugi erstieg das nur geringe Ausbeute versprechende Tosenhorn nicht, sondern zog über den Firn hinab gegen den Fuss des

---

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 136.

[2]) Über die Beziehungen des Steinschlages zu den Temperatur- und Insolationsverhältnissen vgl. Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 750 ff.

Hornes und dann in einen grausen Tobel, aus dem er endlich gegen 2 Uhr den berühmten Urbachsattel erreichte. Nach einer Woche kam er über den Susten durch das Gadmenthal und untersuchte die Hasleberge.

In dem sechsten Abschnitte schildert Hugi uns seine Reise nach dem Finsteraarhorn. In Begleitung von sieben geübten Steigern brach er am frühen Morgen auf und erreichte schon um 7 Uhr den Oberaargletscher. Dieser Gletscher ist, um Hugis Worte anzuführen, in keiner Beziehung, die Ausdehnungsgewalt abgerechnet, so merkwürdig wie der Unteraargletscher, der nach Hugis Ansicht unter allen fürs wissenschaftliche Forschen die erste Stelle behauptet. Sie wanderten ungefähr über die Gletschermitte empor. Um 3 Uhr hatten sie das Schneejoch zwischen dem Oberaar- und Kastenhorn erreicht, eine mühevolle und teilweise gefährliche Reise. Aufbrechend um $4^1/_2$ Uhr, stiegen sie auf den obersten Vieschergletscher und dann auf den Sattel zwischen dem Rot- und Finsteraarhorn. Es war 6 Uhr. Der Himmel umzog sich, die losgebrochenen Stürme brüllten aus den westlichen Abgründen empor und peitschten Schneegestöber über den Sattel hin. Da blieben die Wanderer und bauten eine Hütte, an derselben Stelle, wo sechzehn Jahre vorher die Herren Meyer ihr Nachtlager gehalten hatten. Hugi befand sich jetzt in der Mitte des etwa sechzig Quadrat-Stunden ringsum ausgedehnten Gletschergebietes, aus dem in der Nähe ringsum einige Hörner und Grate sich emporhoben. Momentanes Schneegestöber drehte sich über ihnen in Säulen und stäubte dann zum Himmel empor. Keiner konnte freistehen, ohne Gefahr, weggerissen zu werden. Hugi lehnte sich an den Felsblock, die andern klammerten sich an den Firn.

Trotz des Unwetters wollte Hugi mit vier der Rüstigsten die Ersteigung der Spitze versuchen. „Arnold Dändler war gerade vor mir", sagt Hugi,[1]) „mit einer langen Stange,

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 193.

die er alsdann über die Kante hinausstreckte. Da packte ich mit einem Sprunge das andere Ende der Stange; allein der Firn unter mir brach durch. Kaum 2 Fuss dick hatte er nämlich 5—6 Fuss breit vom Winde über die unsichtbare Felskante sich angebaut. Ich hing so ganz frei mehr als 4000 Fuss hoch an der Stange fast senkrecht ob dem Finsteraargletscher, während Dändler andererseits über die Firnwand hinabhing. Wäre dieser schwache Wagebalken gebrochen, wäre Dändler unaufhaltsam auf das westliche Vieschermeer über den Firn hinabgeflogen, und ich an den Felswänden östlich auf das Aarmeer gestürzt. Wir hingen beide an der Stange still. Die Oeffnung, in der ich hing, erweitete sich, sodass ich die in die freie Luft hinausgewölbte Decke des Schnees untersuchen und durch das Loch den Finsteraargletscher sehen konnte. Schnell eilten die Gefährten von oben herab und unten herauf zu Hilfe. Zuerst war Dändler auf festen Fuss gestellt. Mir war es gefährlich beizukommen, denn leicht wäre die ganze Wacht[1]) eingebrochen und alles in den Abgrund gestürzt. Sie suchten mir den Strick umzuwerfen und befestigten die Stange. Bald hatte ich wieder einen Fuss auf dem Firne empor, und Lauener, von den übrigen gehalten, packte mich mit nervigter Rechte.“ Beim Absteigen sank der Fuss unten am Firne, wo man am Morgen Tritte einhauen musste, jetzt meist bis zum Knie ein. So erreichten sie den Vieescherfirn und stiegen dann empor zum Nachtlager. Schlechtes Wetter zwang sie zur Eile, und vor gänzlicher Nacht erreichten sie die Geishütte.

Diese Tagesreise gehört, um Hugis eigene Worte zu gebrauchen,[2]) wohl zu den mühevollsten und weitesten, die je gemacht wurden, aber auch zu den genussreichsten und ergiebigsten für wissenschaftliches Forschen. Nachdem Hugi sich in der Hütte ausgeruht, kam er mittags in der Grimsel an, wo ihn das Wetter vierzehn Tage fest bannte.

---

[1]) Wohl gleich „Schneewächte“, überhängender Schnee.

[2]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 195.

Im nächsten Jahre, also 1829, unternahm Hugi eine zweite Reise nach dem Finsteraarhorn. Am 3. August verliess er die Gefährten auf dem Unteraargletscher, zog nach der Grimsel zurück und reiste am 4. August morgens 4 Uhr ab bei günstigem Wetter. Der sich erhebende Föhn zwang ihn zu einer raschen Wanderung über die Trümmergebilde und den Oberaargletscher, sodass er schon $9^3/_4$ Uhr den Sattel zwischen Oberaar- und Kastenhorn erreichte mit Leuthold und Zemt. Im Sprunge eilten die Wanderer über den östlichen, oberen Viescherfirn und gelangten schon um 11 Uhr zum vorjährigen Nachtlager zwischen Rot- und Finsteraarhorn. Das Wetter war sehr kalt und stürmisch. Über einen Unfall und die glücklich ausgeführte Rettung, die in ihrer Art wohl einzig genannt werden darf, schreibt Hugi:[1] „Indem ich noch beschäftigt war, jenes alte Nachtlager zu zeichnen, glitten meine Gefährten auf den Alpstöcken über den wie das jäheste Dach herabhängenden Firn herunter, Leuthold zum Glück für die übrigen voran. Tritte in den Firn schlagend, zog ich nun im Zickzack ebenfalls abwärts. Indem ich mich feststellte, mich umzusehen, wich unter mir die Masse; ich sass auf dem Firne und glitt pfeilschnell abwärts, unaufhaltsam und einige Male schon durch die freie Luft geworfen. Meine näheren Gefährten stiessen einen Angstschrei aus, getrauten sich aber nicht, sich zu nähern. Nur den entferntesten sah ich quer über den Abhang stürzen. Er schlug den Stock in den Firn und packte mich im gleichen Momente mit nervigter Rechten. Indem ich mich aufrichtete, sah ich einige Fuss unter mir einen mehr als 10 Fuss breiten und in unermessene Abgründe gehenden Gletscherschrund. Der Abhang, wo der rüstige Leuthold im Falle von mehr als 300 Fuss mich ergriff, war so jähe, dass wir beide nun mit aller Mufse kaum zurücke quer über den Firn gehen konnten."

Sie wanderten hinab auf den Viescherfirn und dann

[1] Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 198.

am westlichen Fusse des Finsteraarhorns empor über die Eisgebilde, den fast senkrechten Felswänden entlang. Bald fanden sie an diesen in Mitte des Firnes eine kleine Schuttstelle, wo sie übernachteten. Neuer Schnee machte jedes Unternehmen aufwärts unmöglich, und gegen 8 Uhr traten sie den Rückweg an. Nachdem auf dem Rothornsattel noch dichter Nebel eingetreten, so dass der Weg wegen des Herabgleitens am Abgrunde und der verdeckten Schründe äusserst gefährlich ward, erreichten sie endlich die Grimsel.

Als nach zwei Tagen das Wetter sich wieder aufhellte, unternahm Hugi eine dritte Reise nach dem Finsteraarhorn. Am 9. August gegen 9 Uhr brach er auf, stieg aber, da Leuthold übel auf war, nur langsam empor und gelangte abends gegen 8 Uhr an das Nachtlager hinter dem Finsteraarhorn. Früh am nächsten Morgen fortfahrend, stieg er rüstig aufwärts, nicht im Zickzack, sondern in gerader Linie und erreichte so die erste und bald die zweite Stufe in der Kante des Hornes. Nachdem er die höchste Spitze erstiegen und verschiedene Beobachtungen angestellt hatte, trat er den Rückweg an, der sehr grosse Schwierigkeiten verursachte. Hugis Worte lauten:[1] „Oft musste man über 10—20 Fuss breite Schründe setzen, die links und rechts offen, meist aber nur mit dünner, nun erweichter Firnkrust überwölbt waren. Wir alle waren am Strick, Leuthold voran. Oft legte er sich mit ganzem Leibe, um nicht einzustürzen, auf den Firn und schob sich vorwärts. So folgten wir alle, einander mit Ziehen nachhelfend."

Nach unzähligen Gefahren erreichten sie endlich das Nachtlager, und infolge schlechten Wetters mussten sie sich zur Rückreise entschliessen. Hugi wollte, da sein Fuss stark angeschwollen war, in irgend einem Felsenrisse übernachten, aber Leuthold packte ihn nolens volens auf

---

[1]) Hugi, Naturhistorische Alpenreisen, S. 210.

seinen Rücken und eilte mit ihm den Gletscher hinunter. Unbegreiflich war es Hugi, wie jener mit ihm, gerade keinem der Leichtesten, ohne Stock, mit beiden Händen hinten die Last haltend, die Schründe bei stürmischer Nacht übersprang. Aber glücklich wurde das Ziel noch vor Mitternacht erreicht. Als am andern Morgen der Fuss noch mehr angeschwollen war, wurde Hugi in einem Tragkorbe von Leuthold und Währen abwechselnd hinunter nach der Grimsel getragen. Nach acht Tagen ritt Hugi von hier nach Guttannen.

Von der Grimsel machte Hugi nach allen Richtungen Exkursionen; auf der Spitze des Siedelhornes entschloss er sich, in gerader Linie bis zur Unteraar hinabzuklettern. Der Unteraargletscher hatte sich seit letztem Jahre 40—50 Fuss thalabwärts geschoben und seit 18 Jahren über $^{1}/_{4}$ Stunde. Hugi mass eine Standlinie, um auf sie ein trigonometrisches Netz zu begründen. Gemessen wurde die Linie mit einer 40 Fuss langen, äusserst genau und öfters verifizierten Stange. Zur Unterkunft wurde eine Hütte gebaut. Zwei Tage wanderte Hugi über den Firn nach allen Richtungen und studierte die Gebirgsformen, dabei topographische Aufnahmen machend. Da das Wetter fortwährend schlecht blieb, konnte er leider seinen Zweck nur halb erreichen.

Nach gethaner Arbeit zog Hugi das Wallis hinunter. Von Oberwald bis zur Mündung des Viescherthales fand er elf Tobel in den Abhang der Berner Alpen gegen das Wallis eingefurcht. Da das Wetter sich zu bessern schien, entschloss er sich, wieder empor zwischen Finsteraarhorn und Jungfrau zu dringen. Von Lax aus stieg er in gerader Linie über die Mörileralpen empor, vom Kamme nördlich über die „schrecklichen Gebilde" hinunter auf den Aletschgletscher und diesem entlang nach dem „Mörilersee." Eintretendes schlechtes Wetter trieb ihn wieder hinunter nach Lax. Dann machte er noch verschiedene kleinere Exkursionen, so z. B. nach dem St. Gotthard.

Hugis Winterreise auf das „Eismeer".[1])

Im Winter 1832 hatte Hugi eine Reise von Bern nach Grindelwald gemacht, um auf dem „Eismeere" Gletscherbeobachtungen anzustellen.

In den letzten Tagen des Jahres 1831 war — so schreibt Hugi — eine grosse Menge Schnee gefallen, so dass die Hoffnung berechtigt schien, endlich diejenigen Stellen im Hochgebirge zu erreichen, die bei gewöhnlichem tiefen Stande der Firne und Gletscher ihm bisher unzugänglich geblieben waren. Hugi liess in Grindelwald schon früher alles zur Reise Nötige in Bereitschaft bringen, sandte genaue Wagen, Barometer u. s. w. hin und suchte zu Thun, Unterseen und Grindelwald während der Dauer der Reise stündliche meteorologische Korrespondenzbeobachtungen ins Leben zu rufen.

Am 2. Januar nachts gegen 10 Uhr fuhr Hugi von Bern ab, mit allen möglichen Instrumenten wohl versehen und von einem sehr entschlossenen Gefährten begleitet. Es senkte sich bald bei starkem Ostwind ein dichter Nebel herab, und die Kälte nahm so zu, dass Hugi es im ruhigen Sitzen nicht mehr aushalten konnte. Deshalb schickte er den Wagen zurück und wanderte zu Fuss nach Thun, wo er halb erfroren des Morgens gegen 8 Uhr ankam. Um nach Interlaken zu gelangen, musste er über den See. Die Gefährten fuhren um 9 Uhr ab, und erst nachts gegen 11 Uhr, nach 14 Stunden schwerster Arbeit, konnten sie vollständig erstarrt und erschöpft bei Interlaken landen.

Am nächsten Morgen war die Kälte, der eisige Nebel und der heftige Wind noch gewaltiger und schneidender. In eisüberzogenen Kleidern gelangten Hugi und sein Genosse während ihres Durchwanderns des Lütschenen-Thales beim Höhensteigen allmählich aus dem wüsten Nebelmeer in eine

[1]) Hugi, Winterreise in das Eismeer, S. 17 u. ff.

köstlich reine, durchsichtige Luft.[1] „Der Anblick war wirklich einzig". Hören wir darüber Hugis begeisterte Beschreibung:[2] „Unter uns die Fläche des krausen, wild bewegten Nebelmeeres, ob uns das blaue Himmelsgewölbe, zwischen beiden das Thal von Grindelwald mit seinen unzähligen zerstreuten Häusern und Alphütten unter so tiefem Schneeschleier, dass sie nur als flachgerundete Schneehügel sich verrieten. Links erhoben sich ungeheure Schneehalden, bald sanft ansteigend, bald hüglig in einander gewunden, bald mit wilden Flühen und Felskämmen durchzogen, bis zum Simeli- und Faulhorn und weiter vorwärts bis zur Scheidek; rechts aber strebten geisterartig die ungeheuren Flühgebilde des Eiger- und Mettenbergs senkrecht empor aus der alles Leben umhüllenden Schneedecke. Zwischen jenen riesigen Felsgestalten herab drängten sich durch wilde Schluchten die zwei Gletscher, blau wie der Himmel, ins weisse Schneemeer." Als Hugi in Grindelwald endlich mit Mühe und Not einige Führer zusammengebracht hatte, mussten sie sich einzeln aus Grindelwald fortstehlen und an einem verabredeten Orte treffen, weil z. B. Baumann von seiner Frau mit Gewalt zurückgehalten wurde, ebenso Burgener von seinen Verwandten.

Die Zeit, die Hugi warten musste, bis die Führer zusammengebracht waren, obwohl er vorher geschrieben, benutzte er, um den Einfluss der Atmosphäre auf das Eis studieren. Er liess[3] am unteren Ende des Gletschers die äussere Masse durch mehrere Arbeiter mit Äxten, Keilen und endlich mit Pulver in grossen Massen absprengen, um sowohl das sogenannte Kern-Eis als auch die Rindensubstanz in grösseren Blöcken zu erhalten. Die äussere und innere Masse der Gletscher zeigt nämlich nach Hugi auffallende Verschiedenheiten. Die äussere Rindenmasse war auffallend

---

[1] Die bekannte winterlich-alpine Erscheinung der sogenannten „Temperaturumkehr".

[2] Hugi, Winterreise ins Eismeer, S. 19.

[3] Hugi, Winterreise ins Eismeer, S. 20.

trocken sowohl für das Gefühl als für die verschiedenen Hygrometer. Das freie und das mit Leinwand umhüllte und befeuchtete Thermometer zeigten auffallende Verschiedenheiten. Ganz anders verhielt sich die Kernmasse der Gletscher, die schon nach 2—3 Fuss Tiefe begann und bis gegen 9 Fuss immer mehr sich bestimmte, dann aber nach der Tiefe zu sich ziemlich gleich blieb. Diese Kernmasse war auffallend feucht, weniger porös, die Bruchstücke scharfkantiger als bei der Rindenmasse. Schwer zu ermitteln waren die einzelnen Körner der tieferen Masse; gefärbte schwache Säuren, Weingeist u. s. w. durchdrangen wohl unter Knistern die Oberflächenschicht, in der sich eine bestimmte, die Gletscherkörner umschliessende „Rindenmasse" unterscheiden zu lassen schien, während tiefer hinab das Eindringen der Flüssigkeiten sich wenigstens nicht mehr mit Bestimmtheit verfolgen liess.

Von der äusseren Rindenmasse sowohl als von der inneren oder „Kernmasse" wurden nun Würfel gesägt und die Flächen nach dem Winkelmass gehobelt, so dass jeder Würfel auf das genaueste einen Kubikfuss gross war. Diese Würfel wurden nun in freier Luft im Schatten auf Wagen mit Gewichten ins Gleichgewicht gebracht und fortwährend beobachtet. Der Würfel von der Kernmasse wog 49 Pfd. 2 Lot, der von der Rindenmasse 46 Pfd. 17½ Lot. Am nächsten Morgen war der Würfel der Rindenmasse beinahe 13 Lot schwerer, bis zum Abend des nämlichen Tages aber wieder 12¾ Lot leichter geworden; und so wurde nun fortwährend während der Nacht sein Gewicht schwerer und am Tage wieder leichter. Schon nach dem ersten Tage waren die gehobelten Flächen nicht mehr glatt, sondern rauh und knorrig geworden.

Anders verhielt sich der Würfel von der Kernmasse; er hatte in der ersten Nacht an Gewicht weder zu- noch abgenommen, in der zweiten Nacht nahm er nur ein wenig zu, am Tage aber mehr ab; am achten Tage verhielt er sich in Bezug auf Gewicht ganz wie der Würfel von der Rindenmasse; jedoch waren alle Flächen viel grösser ge-

worden und waren dann nicht nur sehr rauh, sondern mit knorrigen Auswüchsen besetzt. Während dieser Beobachtungen war es 10—12 Grad kalt bei trockener heiterer Luft, besonders über dem Gletscher.

Nach 16 Tagen war jeder dieser Würfel um einige Pfund leichter, aber auch grösser und rauher geworden. Nach 17 Tagen stieg die Temperatur über Null, und beide Würfel zerfielen in einen Haufen von mehr als zollgrossen, teils länglichen, teils rundlichen Körnern, die wohl ihre Flächen, stumpfen Ecken und Kanten hatten, die Hugi aber nicht, wie er glaubte, auf bestimmte Krystallformen reduzieren konnte.

Überzog Hugi[1]) kleinere Gletscherwürfel mit Syrup oder Terpentin (mit öligen und fetten Substanzen konnte er die Masse nie überziehen) und hob so die Affinität oder vielmehr die Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und der Gletschermasse auf und brachte er dann die Masse auf der Wage ins Gleichgewicht, so nahm das Gewicht des Würfels weder zu noch ab, noch veränderten sich dessen Flächen auch nur im geringsten.

Aus diesen Versuchen, die Hugi öfters mit grösster Genauigkeit wiederholte, geht hervor, dass der Gletscher aus der Atmosphäre besonders während der Nacht „wässerige Formen“ absorbiert, allerdings auch Luft, andererseits aber auch, dass er lebhaft und vorzugsweise am Tage ausdünstet. In einer Schlussbetrachtung über diese Verhältnisse sagt Hugi Seite 25:[2]) „Es ergibt sich aus den angeführten Versuchen am Gletscher selbst wie mit einzelnen Gletschermassen, dass selbst bei strenger Kälte das Gletschereis

---

[1]) Hugi, ibidem S. 22.

[2]) Die hier und auch sonst in den Werken des bei aller Begeisterung für exakte Forschung doch allzu phantasievollen Mannes zu Tage tretende Neigung zu höchst gewagter Spekulation behandelt des näheren eine Abhandlung von Günther (Die Erde als Organismus; ein Beitrag zur Geschichte der Irrlehren in der physikalischen Geographie, Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1902, Nr. 33).

keine tote, gegen die Atmosphäre unthätige Masse sei, vielmehr ergibt sich zwischen beiden eine fortwährende Wechselwirkung, oder wenn man will, ein stetes reges Inhalieren und Exhalieren, wodurch die fortschreitende Vergrösserung der Gletscherkörner und die Entwicklung der Gletschermasse teilweise bedingt sein mag.“

Gleich am ersten Tag nach seiner Ankunft in Grindelwald machte sich Hugi an die Lösung einer Aufgabe, die besonderes Interesse für ihn hatte. Er war nämlich der erste, der die Behauptung aufgestellt hatte, dass die Gletscher sich auch im Winter fortbewegen müssten. Mit dieser Behauptung war er bei den damaligen berühmtesten Gletscherforschern auf den entschiedensten Widerspruch gestossen. Sein Zeitgenosse Charpentier behauptete sogar: „Die Gletscher im Winter zu untersuchen, komme ihm vor, als wenn ein Botaniker in einer Steppe zu einer Zeit botanisieren wollte, wo die Vegetation verdorrt sei.“ Charpentier und seine Anhänger behaupteten, durch den im Winter herrschenden starken Frost werden die Gletscher in so feste Bande gefesselt, dass ein Vorwärtsbewegen derselben absolut ausgeschlossen sei. Hugi dagegen sagte, dass die Gletscher, wenn auch nicht so rasch wie im Sommer, so doch auch im Winter vorrücken und dass gerade auf den Winter die Vergrösserung der Gletscher zurückzuführen sei.

Als Hugi vier Jahre zuvor in den Alpen weilte, hatte er auf dem Unteraargletscher eine Hütte gebaut, die in den drei Jahren von 1827—1830 330 Fuss abwärts gerückt war, welche Bewegung Hugi von Jahr zu Jahr gemessen hatte.

Schon[1]) den ersten Tag nach seiner Ankunft wurde der Stand des unteren und oberen Gletschers aufs genaueste bezeichnet. Dem Vorrücken der oberen Gletscher von Grindelwald stand eine Felsmasse entgegen; über diesen Felsen drängte sich der Gletscher vorwärts, dann frei durch die Luft. So war die mächtige Streifung, die der sich vor-

[1]) Hugi, Winterreise etc., S. 27.

drängende Gletscher durch den entgegengestemmten Felsen erhielt, noch 41 Fuss weit sichtbar und zwar sehr deutlich in scharf eingedrückten parallelen Streifungslinien. Täglich schob sich der Gletscher hier $5^1/_2$–6 Zoll vorwärts. Am entgegengesetzten östlichen Rande konnte das tägliche Vorschieben kaum beobachtet werden. Es betrug dort in drei Wochen nur einige Zoll. Der Mann aber, der die Gletscher täglich beobachten musste, berichtete gegen den Frühling, dass der obere Gletscher im Hornung am westlichen Rande stehen blieb und dagegen am östlichen sich vorschob und ganze mächtige Erd- und Steinmassen aufwühlte. Die Anwohner bezeichnen diese Erscheinung mit dem Ausdruck: „Der Gletscher stosst d' Nasä i Bodä."

Dass Hugi mit seiner Behauptung, die Gletscher bewegten sich auch im Winter, recht hatte, erweisen Tyndalls im Jahre 1859 auf dem Mer de glace angestellte Messungen. Nachdem Hugi durch zuverlässige Leute dafür gesorgt hatte, dass die Zu- und Abnahme des Gewichtes herauspräparierter Stücke (s. o.) weiter beobachtet wurde, war nach einer viertägigen Rast in Grindelwald alles zur Weiterreise bereit. Bei einer Temperatur von — $12^1/_2{}^0$ R. brachen sie auf und hatten bald den Mettenberg erreicht, an dessen Abdachung der Weg auf das „Eismeer" hinaufführte. Überall hatten Schnee und Eis sich so an die Felsen gelehnt, dass die Reisenden statt des Weges nur eine schief in den Abgrund hängende Eisfläche zurückzulegen hatten, abgesehen von den vielen Eispyramiden (Séracs), hinter denen sie sich emporarbeiten mussten. An zwei Stellen mussten sie einen förmlichen Tunnel durch einen gewaltigen Eisturm hauen, durch welchen die Karawane kroch. Noch weiter oben war die Eisfläche, das überhängende Eis, zu mächtig, als dass man sich hätte durchhauen können; sie mussten daher in die senkrechte Masse Löcher zum Angreifen für Hände und Füsse einhauen, und so kamen sie „wie Mauerspechte an senkrechter Wand" über die Abgründe, aus denen mehrere hundert Fuss tief der zerrissene Gletscher heraufgähnte.

Um halb 4 Uhr endlich kamen sie auf dem Eismeere an bei der Stelle, wo nach Hugis Meinung sich die Schäferhütte von Stieregg befinden musste, allein dieselbe schien verschwunden zu sein. Lange suchten sie vergebens, bis endlich eine etwas erhöhte Schneestelle ihre Lage verriet. Sie arbeiteten jetzt rasch in die Tiefe, und lange war es Nacht, ehe sie das Dach entdeckten. Dann gruben sie abwärts, und hatten auch bald die Freude, die Thür der Hütte zu finden. Als sie abends gegen 9 Uhr die Hütte betraten, wurden sie überrascht von einer Anzahl Mäuse, die sich von der gewöhnlichen Art sowohl durch die Farbe als auch durch die Gestalt unterschieden, so dass Hugi in ihnen eine besondere Art „Gletschermäuse“ sah.

Am nächsten Morgen stellten sie dieselben Versuche über Gewichtszunahme und -abnahme des Gletschereises an, wie in Grindelwald. Diese Versuche ergaben beinahe die gleichen Resultate wie die schon erwähnten; nur war die Gewichtsabnahme viel auffallender bei zunehmender Kälte, und dann zugleich die Zunahme der Ausdehnung viel bedeutender. Daraus schliesst Hugi,[1] dass bei dem Gletschereise ein eigentümlicher, mit den Tageszeiten wesentlich verbundener Rythmus stattfinde. Während der Nacht vorzugsweise sauge der Gletscher ein, er inhaliere und verwandle atmosphärische Stoffe, während des Tages dagegen dunste er aus, exhaliere und werde leichter; und damit sei auffallend auch die Ausdehnung, die Vermehrung des Volumens und mit dieser die innere Entwicklung verbunden.

Alle Körper dehnen sich bekanntlich durch die Wärme aus und ziehen sich durch die Kälte wieder zusammen, auch die flüssigen, aber nur solange, als sie nicht in Eis übergegangen sind. Bei erstarrten Körpern verhalte es sich gerade umgekehrt.

Wie Hugi untersucht hat, entsteht durch das blosse Gefrieren des Wassers kein Gletschereis. Das bei sehr

[1]) Hugi, ibidem S. 33.

niedriger Temperatur auf dem Gletscher gefrorene Wasser verwandelt sich allerdings in Eis, hat aber durchaus nicht das Gefüge des Gletschereises, noch viel weniger dessen Luftblasen und Geschmack. Das Gletschereis entsteht erst allmählich aus der Umwandlung des in den höchsten Regionen gefallenen Schnees. Bleibt der Schnee eine Zeit lang liegen, dann fängt seine Oberfläche an sich zu körnen, während er unten noch lange weich und sich gleich bleibt.[1]) Nach Hugi körnt sich nur allmählich die ganze Schneedecke von oben nach unten und schmilzt dann etwa zwölfmal schwerer als noch nicht gekörnter Schnee. In den Hochregionen fällt der Schnee fast nie in Flocken, sondern fast durchaus nur in seiner ursprünglichen krystallinischen Form als Nadel- oder Sternschnee oder bei feuchterer Atmosphäre als Staubschnee oder Schneeriesel.

Bei 10000—14000 Fuss sieht man ihn selten unter anderen Verhältnissen fallen, bei der Firnlinie dagegen kann man ihn schon als Flockenschnee beobachten. Dieser Hochschnee körnt sich unter gleichen Verhältnissen der Temperatur weit schneller und schmilzt weit schwerer als der Thalschnee. Dies erklärt sich aus der Trockenheit der höheren Atmosphäre und der schnellen Ausdünstung.[2])

Der hart gewordene Schnee unterhalb der Firnlinie schmilzt im Sommer in der Regel ganz weg, wobei er sich meist erweicht, so dass er sich ballen lässt oder auch, ohne zu erweichen, allmählich wegschmilzt. Das Gleiche ist auch oberhalb der Firnlinie mit dem gekörnten Schnee der Fall, insofern er nicht einen ganzen Sommer erlebt hat; hat er aber den ersten Sommer, ohne wegzuschmelzen, ausgehalten, so geht er in Firn über. Dieser ist immer viel bestimmter gekörnt, und die Körner fangen bald an, mit bestimmten Flächen sich zu begrenzen. In diesem Zustande, also immer

---

[1]) Hugi, ibidem S. 59 ff.

[2]) Hugi, ibidem S. 61.

im zweiten Sommer, erweicht sich die Masse bei grosser Hitze nicht mehr so, dass sie sich ballen lässt; wohl aber lockern die Körner sich so erheblich, dass sie wie grober Sand auseinander fallen und der Fuss des Wanderers wie in einer Sandwüste oft gegen 12 Zoll tief einsinkt. Was der heisse Tag auflockert, verkittet die Nacht wieder zu einer so harten Masse, dass der Fuss nicht imstande ist, eine Spur einzudrücken. Dieses Auflockern und Wiederverfestigtwerden der Firnkörner gehört zu den interessantesten Erscheinungen und dient als das ausschliesslich charakteristische Merkmal, an welchem man das Firn- und Gletschereis von dem gewöhnlichen zu unterscheiden imstande ist. Denn auch das Gletschereis lockert sich unter atmosphärischem Einflusse in erhöhter Temperatur, ohne dass die einzelnen Eiskörner noch merklich angegriffen würden.

Überall findet man das Gletschereis von einem System von Luftblasen durchzogen.[1]) Jede sich über stillem Wasser bildende Eisfläche enthält eine unzählige Menge von Luftblasen in sehr regelmässiger Schicht; die oberen Blasen sind sämtlich pfriemförmig und kehren ihre äusserst scharfe Spitze nach der Atmosphäre. Wenn man solche Eisschichten bei andauernder Kälte fortgesetzt beobachtet, sieht man die Blasen sich ändern, rundliche Formen annehmen, kleiner, oft unregelmässig, oft punktförmig werden und oft ganz verschwinden; vorzugsweise, wenn eine neue Eisschicht mit pfriemförmigen Blasen über eine alte mit gleichen Blasen sich legt, ändert die ältere Schicht ihre Pfriemenblasen in zellige oder punktförmige, und so fort, wenn wieder eine neue Schicht entsteht. Alle Hauptschichten des Flusseises haben immer unter einander verschiedenartige Blasen und Blasennetze, die oft an Zellengewebe erinnern und bei fortschreitender Entwicklung sich ändern. Es muss zwischen den verschiedenen Schichten einer und derselben Eismasse

---

1) Hugi, ibidem S. 36.

eine „polare“ Wechselwirkung und Thätigkeit stattfinden.[1]) Diese Thätigkeit nimmt mit der Kälte und der Eisbildung zu, und darin liegt offenbar der Grund, weshalb das Eis sich ausdehnt. Einigermassen ähnlich verhält sich in diesem Punkte auch das Gletschereis.[2])

Dass mit der Änderung des Blasennetzes auch der Wechsel der Gletscherfarbe vom hellen Weiss durch das Blaue ins Grünliche ursächlich verbunden sei, steht bei Hugi ausser allem Zweifel.[3]) Er sagt: Besucht man fortgesetzt täglich unter gleichen äusseren Lichtverhältnissen ein bestimmtes Gletschergewölbe, eine Gletscherplatte u. s. w., so sieht man bald die hellblaue Farbe in eine dunklere, dann oft in das schönste Lasur und endlich in das Meergrüne übergehen, das dann allmählich wieder in das helle Blau sich verwandelt. Bei kalten Nächten und warmen Tagen, oder bei häufiger Veränderung der Temperatur folgt diese Farbenänderung rascher und viel bestimmter. Es blieb Hugi aber unmöglich, das Wesen jener Blasen und den Anteil, den sie an der Entwicklung und den Farben des Gletschers nehmen, aus Thatsachen zu entwickeln.

Wenn nun, wie Hugi durch die Wägeversuche fand,[4]) das Gletschereis bald leichter, bald schwerer wird, wenn es ausdunstet und einsaugt, einen ganz eigentümlichen scharfen Geschmack hat, leicht oxydierbare Metalle auf ihm sich nicht oxydieren, wenn die Gletscherkörner von der höchsten Firnregion bis zum tiefen Ausgange der Gletscher allmählich an Grösse zunehmen, und wenn es seine Blasen und Blasennetze wie seine Farben fortwährend ändert, so lässt sich auch folgende von Agassiz und allen Gletscherkennern ausge-

---

[1]) Hier erkennen wir wieder deutlich den Einfluss der damals noch lange nicht in ihrer Herrschaft erschütterten Naturphilosophie, die überall nach „Polaritäten“ suchte.

[2]) Hugi, ibidem S. 37.

[3]) Hugi, ibidem S. 27.

[4]) Hugi, ibidem S. 38, 39.

sprochene Thatsache erwägen. In den Hochregionen sind die Gletscher reiner Firn, d. h. sie bestehen aus kleinen, aber sehr bestimmten rundlichen Körnern, in einer sie verkittenden Masse; mit dem Herabsteigen nehmen dann die Körner allmählich an Grösse und bestimmter gegenseitiger Verbindung zu, bis sie am Ausgange der Gletscher Eigrösse erlangt und sich so zusammengefügt haben, dass sie eine sehr kompakte Eismasse bilden. Diese Umwandlung entsteht nicht nur durch eine bloss mechanische Bildung ohne wesentliche innere Umgestaltung und Entwicklung, sondern es findet ein wirklicher Rhythmus von Inhalation und Exhalation oder doch eine innere Gestaltung statt. Blosses fortgesetztes Tränken mit atmosphärischem Wasser genügt nicht.

Die Richtigkeit dieser Behauptung glaubte Hugi durch folgenden Versuch darthun zu können.[1]) Er brachte Gletschereis, das er in warmem Wasser aufgelöst hatte, bei starker Kälte auf das Gletschereis. Hier verwandelte es sich nun bald in eine Eiskruste, die aber durchaus nicht das Gefüge des Gletschereises, noch viel weniger dessen Luftblasen und dessen Geschmack hatte.

Beim ersten Gefrieren[2]) zieht sich das Wasser wie alle Körper durch die Kälte zusammen; dann aber dehnt es sich bei zunehmender Kälte aus, sodass es an der atmosphärischen Luft wenigstens jede hemmende Schranke bricht; zugleich wird es während dieser Vergrösserung des Volumens, nicht etwa relativ im Verhältnis zum Volumen, sondern absolut leichter. Es muss also fortwährend sein inneres Gefüge ändern. Diese fortwährende Entwicklung des Eises sei auch der Grund, dass selbst die grössten Granitblöcke, die oben in den Firn tief einsinken, allmählich an die Oberfläche des Gletschers geschoben werden. Gletschereis habe nie Steintrümmer eingeschlossen. Hugi sagt:[3]) Dass eine

---

[1]) Hugi, ibidem S. 34.
[2]) Hugi, ibidem S. 39.
[3]) Hugi, ibidem S. 40.

bedeutende Bewegung durch diese Eigenschaft des Gletschers vor sich gehe, bemerke man sehr deutlich, wenn man die vielen Löcher beobachte, die von oben bis unten den ganzen Gletscher durchsenken, und durch welche die Gletscherbäche in den Abgrund stürzen. Beim weiteren Vorschieben des Gletschers nehmen sie alle allmählich eine schiefe Stellung an, indem sie an der Oberfläche schneller als unten zu Thal rücken. Eine solche Gletschermühle, die Hugi 1830 beobachtet hat, durchsenkte am 1. September den Gletscher senkrecht bis auf den Grund. Der Bach wurde abgeleitet, und nach 20 Tagen hatte der Schlund eine schiefe Stellung angenommen. Die obere Gletschermasse bis zu 6 Fuss Dicke hatte sich 2 Fuss weiter vorgeschoben als die tiefere, 6 Fuss dicke Masse, und diese $1^1/_2$ Fuss weiter als die noch tiefere, und so fort. Dieses verschiedene obere und untere Vorrücken hat auch Agassiz näher beobachtet.

Während[1]) der ersten acht Tage von Hugis Aufenthalt in dieser öden Winterwelt schwankte die Temperatur stetig zwischen —12 bis —20° R. Nur einmal sank sie unter 20° R., ein Umstand, der Hugi einen halben Tag in die Hütte unter den Schnee bannte. Dabei war in der Luft eine ausserordentliche Trockenheit bemerkbar; gegen Abend und während der Nacht beobachtete man eigentümliche Dunstbildungen.

Den vierten Tag[1]) seines Aufenthaltes verwandte Hugi zu der ersten grösseren Bewanderung der Firnmeere und der höheren Alphörner, um einen allgemeinen Überblick über diese Hochregionen auch zu sehr schneereicher Winterszeit zu gewinnen. Mit drei entschlossenen Gefährten brach er beim ersten Morgengrauen auf und schickte gleichzeitig zwei andere über das Eismeer gegen die Wolcherhörner zu, um dort irgendwo für die folgende Nacht etwa eine Höhle oder einen Felsenvorsprung zum Nachtlager aufzusuchen und einzurichten. Zuerst ging die Reise über die

[1]) Hugi, ibidem S. 41.

wilden Abhänge der Schreckhörner entlang dem Eismeere zu. Die unteren Abhänge der Berge, sonst wegen ihrer wilden zackigen Formen und ihrer Zerrissenheit unzugänglich, waren jetzt gänzlich unter dem Schnee verschwunden, und man konnte sonst unzugängliche Stellen leicht begehen. Die umhüllende, felsenharte Schneemasse bildete bald äusserst wilde Schluchten, bald sanftere Hügelformen, bald hing sie in mächtigen Schilden so jäh über den Abgründen, dass die Wanderer dieselbe auf eingehauenen Tritten kaum zu übersetzen wagten. Schon gegen Mittag erreichten sie so den Kamm der Strahlegg. Nur sehr gering war die Schneemasse auf jenen Höhen, desto grösser waren die Schwierigkeiten, die sich ihrem Vordringen in den Weg stellten. Im Süden hatten sie die Firnmeere des Finsteraarhorns, im Norden dagegen jene von Grindelwald weit unter ihren Füssen. Quae mutatio rerum! hätte man ausrufen mögen, schreibt Hugi.[1]) Im Sommer hat man zwischen unglaublich wilden Gebirgskämmen und aufgezackten Felshörnern beiderseits mächtige Eisfelder, bald in stundenweiten Flächen von unzähligen Schründen durchfurcht, bald aber in wildverschlungenen Abstürzen. Ringsum entwickelt sich über den zerrissenen Felswänden das schönste Alpengrün. In mehrstündiger Ferne allenthalben die grösste Mannigfaltigkeit in Form sowohl als Farbe und Schattierung. Im Winter dagegen überall das mattweisse ewige Einerlei. Der Gesichtskreis erschien überaus beengt, natürlich eine Folge der keine Abwechslung darbietenden weissen Färbung des Schnees. Schon in einer Stunde Entfernung, sagt Hugi, vermischt sich Himmel und Erde zu dämmernder Monotonie, aus der nur die grösseren Gebirgsmassen im grauen Geisterlichte sich hervorheben. Jedesmal während seines ganzen Aufenthaltes trat diese Beengung des Gesichtskreises und dieses Verfliessen der Formen sehr deutlich hervor, da die grosse Reinheit und Trockenheit der Atmosphäre dies begünstigte.

---

[1]) Hugi, ibidem S. 43.

Die Richtigkeit dieser Ansicht Hugis wird wohl jeder zugeben, der je eine grössere Reise ins Gebirge gemacht hat.

Nun eilte Hugi[1]) so rasch wie möglich über den Strahleggkamm, was im Sommer bei tiefem Schneestande unmöglich ist, um die beste Übergangsstelle von Grindelwald auf den Aargletscher und die Grimsel zu ermitteln. Offenbar schien keine Stelle besser dazu als die Schneewand am kleinen Lauteraarhorn, die durch eine wilde Felsenrunse herab in ein eigenes Firnthälchen und dann auf das Firnmeer des Finsteraarhorns führt. Man eilte, von Kälte getrieben, hinüber zum Wolchergrat, den eigentlichen Zweck der Reise zu erfüllen. Man wollte nämlich untersuchen, ob es möglich sei, von Grindelwald einen bequemen Übergang nach dem Wallis, vielleicht einen Saumpfad, zu schaffen. Da damals noch über die Verhältnisse in den Hochgebirgsregionen eine grosse Unkenntnis herrschte, so hatte eine Erzählung allgemeine Verbreitung gefunden und sich eine gewisse Geltung verschafft, nämlich die Erzählung, dass in früheren Zeiten die reformierten Walliser ihre Kinder zur Taufe über die Firne nach Grindelwald gebracht haben sollten. Ältere und neuere Schriftsteller, die diesen Übergang behaupteten, begründeten — sagt Hugi — ihre Ansicht auf eine Mitteilung in dem Taufbuche von Grindelwald; im Pfarrbuche heisst es nämlich buchstäblich:[2]) „1578 den 7ten September Joder im Weng von Wallis ein Kind tauft, heisst Cathrin.“ Da also im Jahre 1578 Joder im Weng von Wallis sein Kind in Grindelwald habe taufen lassen, müsse damals ein Weg von Wallis nach Grindelwald existiert haben. Hugi weist nun nach, dass „Im Weng“ ein Ort und eine Alp in der Pfarrei Grindelwald sei, dass mithin dieser Joder aus Wallis Pächter oder Eigen-

---

[1]) Hugi, ibidem S. 45.

[2]) Hugi, ibidem S. 48.

tümer dieser Alp gewesen sei und dass er sein Kind in der ihm zuständigen Pfarrei habe taufen lassen.[1])

Unmöglich ist es, wie Hugi glaubt, dass sich bei dem ausserordentlich wechselnden Stande der Gletscher und Firne von Grindelwald und Finsteraar auch nur ein einigermassen brauchbarer Weg zwischen dem Wallis und Grindelwald werde schaffen lassen.

Da eine ausserordentlich starke Kälte herrschte, konnte Hugi bald nicht weiter vordringen und beeilte sich deshalb, den Wolchergrat so rasch als möglich zu erreichen. Hier hinter dem Grünwengen fand Hugi seine Reisegefährten in trostlosem Zustande, vor Kälte zitternd; den ganzen Tag hatten sie keine Stelle zu einem Nachtlager finden können.[2]) Die Nacht war bereits angebrochen, und die Kälte nahm ausserordentlich zu. Sie mussten deswegen den Rückweg antreten und wollten sehen, ob sie nicht die beim Granitblocke am Zäsenberg im Hochsommer von zwei Schafhirten erbaute Hütte erreichen könnten. Obgleich einer dieser beiden Schafhirten selbst bei ihnen war, konnten sie weder von dem Granitblocke noch von der Hütte die geringste Spur entdecken. Ihre Lage wurde schwierig; es war inzwischen völlige Dunkelheit eingetreten; nach langer Beratung blieb ihnen nichts anderes übrig, als während der Nacht das ganze Eismeer zu überwandern und ihre Hütte am Stieregg unter dem Schnee wieder aufzusuchen.[3]) Wahrlich keine leichte Aufgabe! wenn man in Erwägung zieht, dass durch die Luft gemessen die Entfernung vom Zäsenberg bis zum Stieregg zwei volle Kilometer beträgt, dass

---

[1]) Diese Fabel hat ein unglaublich zähes Leben; sie taucht auch in unseren Tagen von Zeit zu Zeit noch auf (vgl. Hildebrandt, Eiszeiten der Erde, ihre Dauer und ihre Ursachen, Berlin 1901, S. 54). Am gründlichsten hat nach Hugi diesen Mythus analysiert Waeber (Zur Frage des alten Passes zwischen Grindelwald und Wallis, Jahrbuch des Schweizerischen Alpenklubs 1880, S. 496 ff.).

[2]) Hugi, ibidem S. 49.

[3]) Hugi, ibidem S. 50.

vollständige Finsternis herrschte und dass gerade jener Teil des Eismeeres zu dieser Zeit ganz ausserordentlich zerklüftet und gespalten war. Der ganze Gletscher war seit dem letzten Sommer zu kaum glaublich zerrissenen Formen aufgetrieben worden. Die Spalten hatten 10–20, oft nur 4—7 Fuss dicke Zwischenwände, die nun als unzählige, ineinander verschlungene, nach oben zugerundete Kämme erschienen. Beim Zusammenflusse des vom Kalli herabsteigenden Gletschers mit dem Eismeere waren die Schründe so wild gewunden, verschlungen und zerrissen, dass die müden Wanderer sich am Stricke in einen Schrund hinabliessen, um zusammengekauert die Nacht dort zuzubringen; allein die Luft war so eigentümlich scharf und kalt, dass sie es keine Stunde lang dort ausgehalten hätten. Endlich fassten sie den Entschluss, unter allen Umständen die weitere Wanderung zu unternehmen, und drangen nur langsam, am Stricke verbunden, bedächtig und vorsichtig weiter. Nach Mitternacht erreichten sie ihr Lager nach einer siebenstündigen Wanderung, alle mit verwundeten und zum Teil erfrorenen Fingergliedern und an dem rauhen Eise abgeschundenen Nägeln.

Der folgende Tag wurde von Hugi zu einer Untersuchung über die Gletscherschründe verwendet. Alle von Hugi untersuchten Schründe verengten sich nach unten ungemein;[1]) waren sie nach oben auch gegen 20 Fuss breit, so schlossen sie sich in einer Tiefe von 60—80 Fuss derartig, dass er nicht mehr tiefer eindringen, wohl aber die scharfe Auskeilung nach unten beobachten konnte. Je tiefer Hugi am Seile hinuntergelassen wurde, desto weniger fest, ja schneeartiger wurden die Wände, so dass ganze Massen bei Berührung in die Tiefe fielen, den Schlund schlossen und Hugi so auf der Masse vor- und rückwärts gehen konnte, um grössere Erweiterungen aufzusuchen. Nur zweimal gelang es ihm, auf der Mitte des Eismeeres den Grund

[1]) Hugi, ibidem S. 51.

zu erreichen und zwar in einer Tiefe von 114 und 161 Fuss. An beiden Stellen waren Gletscher und Boden vereinigt. Aus den mit dem Beile losgehauenen und zu Tage beförderten Stücken ergab sich, dass zwischen dem Gletscher und dem felsigen Grunde auch gewöhnliches, aus Wasser entstandenes und nicht auf dem gewöhnlichen Wege durch Druckmetamorphose entstandenes, d. h. gekörntes Eis vorhanden war.[1])

Die auffallendste und für Hugi unerwartetste Erscheinung bei allen diesen Versuchen war die eigentümlich scharfe, unglaublich kalte Luft, welche in den Schründen herrschte.[2]) Hugi wollte anfangs dies einem kalten Luftzuge von unten zuschreiben, aber selbst bei bestimmt geschlossenen Sackschründen zeigte sich das Gleiche; er konnte kaum einen Luftzug nach oben beobachten und doch nahm, je tiefer er vordrang, diese eigentümlich schauernde Kälte zu.

Auf der Oberfläche des Eismeeres betrug die Kälte 12 bis 15^0 R. unter Null, in der Tiefe der Schründe zeigten die eingebrachten Thermometer und Thermometrographen nur eine Temperatur des Eises von —4 bis —5^0 R., nach der inneren Masse aber näherte sie sich immer mehr dem Gefrierpunkte, und 4 Fuss in den Gletscher eingesenkte Thermometrographen (Maximum- und Minimumthermometer) zeigten immer um 0 Grad oder etwas weniger.[3]) Die Luft aber in der Tiefe der Schründe war nur 6 bis 7^0 kalt; und doch sagt Hugi:[4]) „wenn ich von meinen Begleitern auf

---

[1]) Hugi ist nach v. Boehm (S. 54) der erste gewesen, der zu Forschungszwecken am Grunde des Gletschers vorzudringen suchte; einige andere Vorkommnisse aus noch früherer Zeit führt der nämliche Autor an.

[2]) Hugi, ibidem S. 51.

[3]) Demgemäss gehört Hugi sicher zu den ersten, die über die für das Problem der glazialen Erosion so wichtig gewordene Temperatur der untersten Gletschermasse zutreffende Angaben machten. (Günther, a. a. O., S. 733, S. 893.)

[4]) Hugi, ibidem S. 52.

die Oberfläche in eine 14° kalte Luft gezogen wurde, kam es mir vor, als wenn ich in gemässigte Zimmerwärme gelangte. Man könnte versucht sein, dieses der Feuchtigkeit der Luft in den Gletscherschründen zuzuschreiben; allein die Hygrometer zeigten eine auffallende Trockenheit derselben, welche diejenige der Oberfläche noch etwas überstieg."

Die vor ungefähr 3 Wochen auf dem Eismeere gefallene sehr bedeutende Schneemenge war bereits — und vielleicht sehr schnell — in harte Masse übergegangen, die jedoch noch weisse Farbe und keineswegs das Gefüge der Firn- und Gletschermasse hatte; vielmehr war die Masse noch sehr unbestimmt körnig, und an manchen Stellen schien das Eis aus zusammengeflossenen gekörnten Schneeflocken entstanden zu sein. In den Schründen und vorzüglich bei grosser Tiefe war der Schnee durchaus nicht in feste Masse übergegangen, sondern lag wie trockener, grobkörniger Sand sehr locker über einander. Auffallend hatte er sich an vielen Stellen oben nur 1 bis 2 Zoll dick, unten aber gegen 1/2 Fuss mächtig an die Eiswände der Schründe angesetzt. Als Hugi die Struktur dieses Schnees genauer untersuchte, zeigte es sich, dass die Kruste nach innen noch trockener und körniger erschien als nach aussen; nur die innere, kaum 2 bis 4 Linien dicke Fläche war in gletscherähnliches Eis übergegangen und hing mit diesem ziemlich fest zusammen. Auch an diesem Schnee zeigte sich das eigentümliche Verhältnis der Feuchtigkeitsabsorption, welche Hugi gleich im Anfang seiner Untersuchung des Gletschereises nachwies und in seiner uns bekannten Weise deutete.

Brachte nämlich Hugi von jenem gekörnten Schnee aus der Tiefe der Gletscherschründe auf die Oberfläche,[1] so fror er die ersten drei Tage auch bei heftiger Kälte nicht im geringsten zusammen, und ein Hygrometer, in die Masse gebracht, zeigte eine grössere Trockenheit als die umgebende Luft. Auf die Wage gebracht, wurde ein Haufe

[1]) Hugi, ibidem S. 53.

jener Körner fortwährend schwerer, bis er endlich nach einer nebligen Nacht in feste Masse überging und dann bei trockener heiterer Luft wieder leichter wurde.

Allenthalben, wo der Firn zu schmelzen vermag, gefriert er dann zu gewöhnlichem Eise, auch auf den grössten Höhen; wo er aber, ohne zu schmelzen, dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt wird, verwandelt er sich endlich in Gletschereis.

Am folgenden Tage versuchte Hugi[1]) den Eiger zu besteigen, um die Metamorphosen an dort befindlichen Eisgebilden, die er im letzten Sommer (1831) untersucht hatte, zur Winterszeit zu studieren. Da der Tag sehr kurz war und der Schnee ausserordentlich tief lag, konnte Hugi nicht höher als auf den Eigerkamm gelangen; doch bemerkte er auch hier, dass infolge der gewaltigen Schneeanhäufung von den im Sommer so bedeutenden Schründen keine Spur zu entdecken war.

Am elften Tage seines Aufenthaltes unternahm Hugi eine Wanderung über das ganze Eismeer, in der Absicht, noch einmal im Zusammenhange die Wirkung zweier zusammenstossender Firne und Gletscher zu beobachten.

Das obere Firnmeer steigt nämlich etwa eine Stunde breit vom Finsteraarhorn und von der Strahlegg herunter. Alle Schründe hatte Hugi dort im Sommer jedesmal parallel und mit der fortrückenden Linie der Eismasse im rechten Winkel gefunden; jetzt waren sie sämtlich geschlossen und zwar bis zum Grünwengen, dem Orte, an dem die Firnregion aufhört und die eigentliche Gletscherregion beginnt.

Die Felsgebilde des Wengen bilden gleichsam ein ins Eismeer hinaustretendes Vorgebirge. Dadurch wird der regelmässige Gang des langsamen Vorschreitens von oben nach unten gehemmt. Während hier nun am westlichen Ufer das Eis sich infolge des schweren, von oben wirkenden

---

[1]) Hugi, ibidem S. 54.

Druckes ausserordentlich aufstaut und sich wirr durcheinander schiebt, rückt es an der anderen, östlichen Seite, den Schreckhörnern entlang, in geregeltem Gange fort. So werden die Querspalten allmählich zu Längsspalten. Am Vorsprung von Bänisegg erfolgt nun im Andrange eine östliche Aufstauchung, die dazumal ungeheuer war und aus den Trümmern eines ganzen Gebirges zu bestehen schien. Merkwürdig wie nirgends war hier die durch die Hemmung entstandene Umbiegung der Spalten, und dann die allmähliche Wiederherstellung der geregelten Form. Vom Kalli herunter steigt sehr jäh eine mächtige Gletschermasse abwärts, die, wenn der Ausdruck gestattet ist, dem Eismeere senkrecht in die Seite stösst. Im gegenseitigen Andrange türmt sich die Masse zu einem mächtigen, äusserst wilden Hügel empor, der nach allen Richtungen unglaublich zerrissen war, den aber nach aussen unzählige Schründe kreisförmig einschlossen, so dass das Ganze einem ungeheuren, gefrorenen Strudel glich. Von diesem an rücken dann aber beide Gletscher, durch einen langen, oft doppelten Eiskamm vereint, mit vorherrschenden Längsspalten vorwärts.

Als am dreizehnten Tage die Temperatur über den Gefrierpunkt stieg, der Föhn warmen Regen brachte und hängende Eismassen von den Felsen stürzten, trat Hugi den Rückweg nach Grindelwald an. Der Abstieg war gefährlicher als der Aufstieg; endlich nach einer ausserordentlich mühseligen Wanderung erreichte die kleine Gesellschaft glücklich Grindelwald.

Als nach zweitägigem Aufenthalte in Grindelwald die Kälte wieder zunahm, entschloss sich Hugi zu einer Exkursion auf das Faulhorn. Gut ging es über den harten Schnee empor; schon bei 6000 Fuss Höhe gelangte Hugi über die Wolken hinüber und in den warmen Sonnenschein. Hier war der Schnee so weich und so leicht abrutschend, dass Hugi nur unter den grössten Anstrengungen und nach langer, ermüdender Kletterei endlich in der kleinen Hütte nahe dem Faulhorngipfel ankam. Unter den grössten Ent-

behrungen musste er hier 3 Tage warten, bis endlich ein kalter Morgen es ermöglichte, auf dem nun gefrorenen Schnee wieder absteigen zu können.

III. Die Bedeutung Hugis für die Erforschung der Gletscher

festzustellen, soll in dem jetzt folgenden Teile unsere Aufgabe sein.

Zunächst ist es Hugis Verdienst, dass er die Gletscher selbst oft und unter den verschiedensten Umständen besucht hat, während man aus den Schriften vor Hugi sehr deutlich ersieht, für wie gefährlich und unnütz man die wirklichen Gletscherreisen bis dahin gehalten hatte. Hugi sagt selbst in der Vorrede zu seinem Buche „Die Gletscher und die erratischen Blöcke“: „Die Gletscherfrage, die man früher für die Wissenschaft kaum einer Beachtung wert hielt, weil man aus Unkenntnis keinen Begriff von der Bildung und Thätigkeit in jenen Hochregionen hatte, ist nun für die Wissenschaft zu einer Hauptfrage geworden. Nur äusserst wenige Forscher aber, welche über die Sache urteilen, kennen die Sache aus Selbstanschauung oder Selbstuntersuchung; denn nicht jedem ist es gegeben, in jenen Hochregionen herumzuklettern, mit der zur Untersuchung nötigen Mannschaft zu allen, auch den kältesten Zeiten, in der oft wirklich grausen Winterwelt Wochen oder Monate lang zu weilen und mit gleicher Ausdauer Jahr auf Jahr die Beobachtungen zu vergleichen und die Firn- und Gletschermassen wiederholt neuen Untersuchungen zu unterwerfen.“ Ferner heisst es auf Seite 1 obengenannten Buches: „Die wenigsten Forscher, die früher über die Gletscher ihre Ansichten ausgesprochen, haben den Gegenstand selbständig in der Natur erfasst und alle unzähligen Erscheinungen der Gletscher von Punkt zu Punkt in ihren verschiedenen Perioden verfolgt; die meisten befassten sich nur mit der Fortbewegung der Gletscher oder studierten auf ihren meist nur kurzen Wanderungen bloss einzelne äussere Formen, wie Gletschertische, Schründe u. s. w.

und schlossen sich dann irgend einer Erklärungsweise an. Manche — das zeigen die vielen Abhandlungen — sahen die Gletscher nur flüchtig und ohne zu ahnen, was in jenen Höhen alles vorgehe, glaubten sie ihre mitgebrachten Ansichten schon bewiesen und somit der äusserst kostbaren, mühevollen, gefährlichen und andauernden Untersuchung enthoben."

Vor Saussure hat man nur flüchtige Gletscherfahrten unternommen, ja kaum das Überwandern der untersten Gletscher gewagt. Gruner hielt das Emporsteigen in das Rotthal an der Jungfrau für ein Ding der Unmöglichkeit, und wenn man Kuhns Schriften liest, so ergibt sich, dass das Betreten der „Eismeere" als etwas Fürchterliches und Schreckliches betrachtet, und dass das Ersteigen der Hochfirne für unmöglich erklärt wurde. Hugi hat zuerst die Gletscher an Ort und Stelle studiert; unter welchen Schwierigkeiten und Mühsalen, haben wir bereits im zweiten Teile dieser Arbeit gesehen, wo wir den mutigen Forscher auf seinen Alpenwanderungen begleitet haben.

Ferner war es Hugi, der zuerst das Wesen und den Begriff des Firnes nach vorausgegangenen eingehenden und mühevollen Untersuchungen wissenschaftlich klargestellt hat.

Um die Gletscher genau studieren und ihr Wesen beurteilen zu können, muss man vor allem das berücksichtigen, was Hugi in „Gletscher und erratische Blöcke" S. 56 und ff. sagt:

Der Schnee, welcher in der Ebene frisch fällt, ist gewöhnlich flockig, feucht und sehr leicht schmelzend; nimmt man ihn auf die Zunge, so hat er denselben Geschmack wie frisches Regenwasser; andauernd schönes Wetter bewirkt, dass er sich bald körnt und dann auch bei gleicher Temperatur einen herben zusammenziehenden Geschmack annimmt, den frischgefallener Schnee nie hat; dann schmilzt er zugleich vielmal schwerer als frischer Schnee. Schmilzt frischgefallener Schnee, so lässt er keinerlei fremde Spur

zurück; wenn dagegen alter gekörnter Schnee schmilzt, so bleibt auf Wegen, Felsen u. s. w. eine schaumartige Masse zurück, während über dem Rasen eine spinngewebeartige Decke sich zeigt. Sowohl die schaumartig zurückbleibende Substanz auf dem Boden oder Steinen als auch das hautartige Gewebe über dem Rasen können unmöglich verursacht sein durch Staub, der auf Schnee fällt; alles vielmehr deutet dahin, dass der frischgefallene Schnee im stöchiometrischen Verhältnisse, wie er aus dem atmosphärischen Wasser entstanden, wieder in Wasser sich löse, dass aber der alte unter atmosphärischem Einflusse eine nicht bloss äusserliche, sondern auch innere Umänderung erlitten habe und zwar wahrscheinlich infolge von Ausdünstung wässeriger Stoffe. Hier ist also, wiewohl mit nicht völlig zutreffender Erklärung, das Wesen der progressiven Umgestaltung deutlich gekennzeichnet.

Ganz analoge Verhältnisse zeigen sich bei Bildung der Gletscher. Diese entstehen immer oberhalb der Firnlinie oder in unseren Alpen in einer Höhe von 8000—14000 Fuss. Über 8000 Fuss Meereshöhe schmilzt jährlich der im Laufe des Winters frischgefallene Schnee weg; oberhalb jener Höhe aber bildet sich in jedem Jahr mehr oder weniger eine neue Schicht über der alten.

Wenn der Firn sich entwickelt und nach allen Seiten ausdehnt, so drängt er seine Masse fortwährend nach derjenigen Richtung hin, wo der Widerstand am geringsten ist, also von den Kuppen und Gebirgskämmen thalabwärts. Die bis zu 8000 Fuss herabgestiegene Masse führt nicht mehr den Namen Firn, sondern Gletscher. Dieser setzt seine Bewegung fort, löst bei sonniger Lage und geringer Masse im warmen Thale sich bald auf, da mächtige Ausläufer von grossen Eismeeren ihre Massen noch mehrere Stunden weit durch die rauhesten Thäler und Schluchten herab vorschieben, bis sie bei der Thalöffnung ihre Auflösung finden. So steigt der untere Grindelwaldgletscher bis unter das Dorf zu einer Meereshöhe von 3200 Fuss herab.

Wenn man, sagt Hugi (Wesen der Gletscher, S. 65),

die Struktur der ewigen Eisgebilde unserer Alpen von der grössten Höhe bis zum tiefen Ausgange der Gletscher in die bewohnten Thäler genau verfolgt und vergleicht, was Hugi oft von den Kämmen des Finsteraarhorns von 11—12000 Fuss Höhe über die Aargletscher, über jene von Wallis und über jene gegen Grindelwald hinab bis zu einer Tiefe von beinahe nur 3000 Fuss Meereshöhe gethan, so zeigt sich vor allem dieses:

Der Firn von der grössten Höhe bis über 9000 Fuss herab ist nicht nur auf seiner Ganzfläche, sondern auch angebrochen, wie in seinen einzelnen Körnern weiss, in seiner Ganzmasse mehr schwammig, in seinen einzelnen Körnern porös und spezifisch leichter als das Gletschereis, weil ihm Luft noch beigemischt ist. Der Durchmesser der einzelnen Körner beträgt 1—2 Linien.

Bestimmte Flächen, bestimmtes Gefüge kann man nicht beobachten, und es ist vielleicht zwischen ihnen und dem bindenden Zwischeneise ein Unterschied, weil warme Witterung und besonders warmer Wind den Firn oft einen Fuss tief auflockert, ohne dass die Körner auch an der Firnfläche merklich angegriffen würden. Dieses Verhältnis ist im Alter der Firnkörner einerseits und andererseits in der Neuheit des Zwischeneises, das fortwährend sich erneut und zerstört wird, begründet; allein man muss ein mit dem Alter durch fortwährendes Schmelzen und Wiedergefrieren fortschreitendes Entwickeln und Konsolidieren annehmen. Hier verdient eine jedem Älpler bekannte Thatsache Erwähnung. Auf dem Firne, jedoch nur in tieferen Regionen, sammeln sich an heissen Tagen kleine Bächlein, welche in der Nacht erstarren und oft mehrere Zoll dickes gewöhnliches Eis bilden. Am nächsten Morgen finden unter dem Einflusse der Sonne diese oft bedeutenden Eismassen bald ihre Auflösung und fliessen mit dem Wasser des frischen Schnees den tieferen Gletschern zu, während der Firn selbst, wenn er wirklicher Firn ist und wenigstens zwei Sommer erlebt hat, sehr wenig oder gar nicht angegriffen wird und die

höchste Trockenheit zeigt. Erst gegen Mittag beginnen dann die Körner sich zu lockern, ohne dass sie auch nur im geringsten an Grösse verlieren. Jedem Beobachter muss auffallen, dass das gewöhnliche, neu entstandene Eis leicht und der Firn und das Gletschereis schwer schmilzt.

Hier gilt als Grundsatz: Durch die Wärme dehnen sich alle Körper aus, und durch die Kälte ziehen sie sich zusammen. Gerade umgekehrt verhält sich aber die Sache, sobald das Wasser einmal in Eis übergegangen ist. Das Zwischeneis, das die einzelnen Körner verbindet, ist vielleicht gar nicht so bedeutend und wichtig, ja vielleicht als solches gar nicht vorhanden; vielmehr hat es den Schein, als ob durch warme Witterung und besonders durch warme Winde die während der kalten Nacht sich expandierende Masse der Körner sich jetzt zu kontrahieren imstande sei. Dies ist auch der Grund, dass die Haarspalten oder die Grenzen der sich berührenden Körner sichtbar werden und der Firn sich zu lockern beginnt. Nimmt die Wärme zu, so schmelzen die Ränder und Kanten, und der Firn absorbiert begierig die entstandene Flüssigkeit, ein Umstand, der die Trockenheit über die Fläche hin zur Folge hat. Aus dem absorbierten Wasser bildet nun, wie es scheint, die folgende Kälte nicht neues Eis im eigentlichen Sinne als Bindemittel, sondern vergrössert nur die absorbierenden Körner, die dann mit zunehmender Kälte wieder sich expandieren.

Wenn man das Firneis in dem ausgedehnten festen Zustande untersucht, so kann man kein inneres Gefüge, auch kein bestimmtes Korn ermitteln; untersucht man dagegen die Firnkörner in aufgelockertem Zustande, so bemerkt man bei jedem einen Kern, der heller ist, mehr ins Bläuliche spielt und nach der Peripherie ins Weissliche und Poröse verläuft. Dies ist auch der Grund, warum die einzelnen, durch erhöhte Temperatur aufgelockerten Firnkörner eine bestimmte, kompaktere, dem Gletscherkorn ähnliche Kernmasse haben und eine Rindenmasse, die vom Kerne aus allmählich ins Schneeartige verläuft. Hugis letzte Hütte

hinter dem Finsteraarhorn war 10876 Fuss hoch in Mitte des Firnes erbaut, und alle von ihm wiederholt dort angestellten Versuche ergaben die gleichen Resultate.

Durch die Kälte werden nicht nur die aufgelockerten Körner wieder zu fester Masse vereinigt, sondern die Rindenmasse wird der Kernmasse gleich gemacht und die Körner werden so expandiert, dass man auch ihre Grenzen oder die Haarspalten nicht mehr sehen kann.

Wenn man den Firn zwischen 9000 und 10000 Fuss Meereshöhe untersucht, so verschwindet schon etwas das weisse Aussehen der Masse, die einzelnen Körner spielen schon etwas ins Bläuliche, sind viel bestimmter polyedrisch, und die innere Kern- wie die äussere Rindenmasse, auch im aufgelockerten Zustande, sich ziemlich gleich. Ferner haben die Körner schon bedeutend an Grösse zugenommen. Noch grösser werden sie, sobald man sich abwärts der Firnlinie nähert; zugleich zeigen sie schon bestimmte Flächen und Kanten, das heisst im aufgelockerten Zustande; sie spielen bestimmt schon ins Bläuliche, lockern sich in gewöhnlicher Temperatur schwer und lassen sich als Kern- und Rindenmasse auch mit dem Mikroskope kaum mehr unterscheiden. Endlich geht zwischen 7600 und 8000 Fuss Meereshöhe der Firn in den Gletscher über; ein Unterschied zwischen Kern- und Rindenmasse ist nicht mehr vorhanden. Die Körner schliessen in bestimmten Flächen sich zusammen und sind bedeutend grösser geworden. Auf dem Gletscher schmilzt jedes Jahr der Schnee rein weg; es bilden sich keine neue Schichten über den alten, und jedes Wachstum ist nur durch Ausdünstung und Absorption atmosphärischer Stoffe bedingt. Auf dem Firn dagegen oder bei 8000 Fuss Höhe schmilzt der jährliche Schnee selten ganz weg, und jedes Jahr bildet sich aus dem bleibenden Schnee eine neue Schicht. Der Firn würde deshalb sich ungeheuer anhäufen, wenn die Ganzmasse sich nicht durch fortwährende Entwicklung ihrer Körner immerfort so stark abwärts schöbe.

Unterhalb der Firnlinie lockern sich in gewöhnlicher Temperatur die Körner des Gletschers nicht mehr; wenn die Gletschermasse in kleinen Massen aber einem warmen Winde oder hoher Temperatur ausgesetzt ist, so zerfällt sie in Körner, deren Durchmesser etwa 3—4 Linien beträgt. Eine halbe Stunde abwärts sind die einzelnen Körner schon nussgross, und am Ausgange langer Gletscher werden sie oft beinahe so gross wie ein Hühnerei. Die Folge dieser Thatsache ist: die Rindenmasse der Firnkörner wird unter dem Temperatureinflusse durch fortwährendes Tränken und Ausdünsten allmählich der Kernmasse gleich. Dadurch, dass die Firnkörner beim Herabsteigen eine fortschreitende Entwickelung erfahren, verwandeln sie sich zu Gletscherkörnern. Auch diese entwickeln sich fortwährend, bis sie nach Erreichung eines bestimmten Zustandes ihre Auflösung finden.

Die Firnlinie ist nach Hugi also die Höhenlinie, bei welcher oberhalb des Gletschers der jährliche Schnee nicht mehr ganz wegschmilzt. Damit sind wir bei einem weiteren Verdienste des Solothurner Alpenforschers angelangt. Hugi hat zuerst den Begriff der Firnlinie eingeführt, da eine Schneegrenze wegen der starken Wechsel von Jahr zu Jahr, von Gehänge zu Gehänge sehr schwierig genau anzugeben ist. Weil der auf dem Gletscher im Thalgrunde fallende Schnee, sagt Heim in seinem „Handbuch der Gletscherkunde" S. 41, auf einer immer gleich temperierten Unterlage von 0° ruht, so lässt sich etwas mehr Regelmässigkeit für die Grenze erwarten, wo auf dem Gletscher die neuesten horizontalen Schneeschichten im Hochsommer ausgehen und das Eis darunter zu Tage tritt, als wo der Schnee von Fels- oder Rasengrund wegtaut. Hugi fand in der That für die auf die verschiedenste Weise liegenden Gletscher des Finsteraarhorns Zahlen, welche alle nahe beisammen zwischen 7600 und 7700 Fuss liegen. Nicht nur Hugi fand jedes Jahr die Firnlinie an demselben Ort auffallend sich gleich, sondern eine Menge angestellter Höhenbestimmungen zeigte, dass sie nach jeder Richtung sich gleich bleibe, dass weder süd-

licher noch nördlicher Abhang noch andere Einflüsse sie zu erheben oder herabzudrücken vermögen, dass sie mithin vorzugsweise durch eine bestimmte Höhe in der Atmosphäre bedingt sei. Oberhalb des gegen Norden herabsteigenden Grindelwaldgletschers fand Hugi sie zwischen dem Wengenkopf und Schreckhorn in einer Meereshöhe von 7616 Fuss,
oberhalb Rosenlaui neben dem Tosenhorn 7630 „
auf dem Unteraargletscher neben dem Nachtlager 7679 „
auf dem Oberaargletscher 7700 „

Auch die an den gegen Süden herabsteigenden Gletschern gemachten Beobachtungen lieferten ähnliche Resultate.

Am Münsteraargletscher 7680 Fuss,
am Vieschergletscher, eine halbe Stunde unter dem Rothorn 7690 „
am Aletschgletscher zwischen Faul- und Aletschhorn 7695 „
am Lötschgletscher 7700 „
am Tschingel 7695 „
im Gaster 7660 „

Daraus schliesst Hugi, dass bei 7600 Fuss Höhe der ewige Firn beginne, und dass man sich bei 7700 Fuss gänzlich in seiner Region befinde. (Im beigegebenen Gletscherkärtchen ist die Firnlinie mit Punkten angezeigt.)

In den Penninischen Alpen scheint die Firnlinie etwas höher zu steigen; am Gries wenigstens und an den Kämmen des Binnenthales ergeben die Beobachtungen fast eine Höhe von 7800 Fuss für jene Linie. Abwärts sendet die Firnlinie eine grosse Menge Gletscher aus. Einige liegen in bedeutenden Thälern, füllen dieselben aus, steigen weit empor in das Innere des hochgelegenen Firnmeeres und senken zugleich sich tief herab zur Unterwelt. Hieher gehören:

1) Der untere Grindelwaldgletscher. Zwischen dem Eiger und Mettenberg senkt er sich anfangs sanft, dann aber in äusserst wilden Formen herab unter das Dorf Grindelwald zu einer Meereshöhe von 3200 Fuss.

2) Der obere Grindelwaldgletscher, ebenfalls zerrissen und wild, aber kaum die Tiefe von 4000 Fuss erreichend.
3) Der Rosenlauigletscher; zwischen das Well- und Stellihorn eingeengt, steigt er jäh ab und erreicht eine Tiefe von 4800 Fuss.
4) Der Gauligletscher erreicht eine Tiefe von 5000 Fuss.
5) Der Unteraargletscher; an seinem Ausgang 5728 Fuss hoch, steigt er sehr sanft herab und teilt sich in den Lauter- und Finsteraarfirn.
6) Der Oberaargletscher kommt jähe zwischen den Strahlhörnern und dem Zinkenstock herab, ohne jedoch über Felsen sich zu stürzen, und erreicht nur eine Tiefe von 7000 Fuss.
7) Der Vieschergletscher drängt sich in wildesten Formen herunter und liegt mit seinem Ausgange 4154 Fuss hoch.
8) Der Grossaletschgletscher, unter allen der grösste, sehr sanft ansteigend. Der Ausgang, den Hugi nicht besuchte, scheint ebenso tief zu steigen wie der Vieschergletscher.
9) Der Lötschgletscher verliert sich bei 5800 Fuss Meereshöhe.
10) Tschingel } werden von einem eigenen Firnmeere
11) Gasterngletscher } ausgestossen.

Tschingel hat an seinem Ende 5552, Gasterngletscher hat an seinem Ende 5341 und

12) Rhonegletscher 5499 Fuss Meereshöhe.
13) Steinengletscher, nördlich vom gleichen Firnmeere auslaufend, steigt zu 5943 Fuss herab.

Wichtiger als das eben Angeführte, fährt Hugi fort, ist die Betrachtung der ewigen Eisgebilde in senkrechter Linie von der Oberfläche zur Unterfläche. Untersucht man Firn und Gletscher nicht nur auf ihrer Fläche von der grössten Höhe bis zum Ausgange der Gletscher, sondern auch in senkrechten Flächen nach der Tiefe, so ergibt sich folgendes Resultat. Auf den Hörnern und Gebirgskuppen, die eine

Höhe von 11—12000 Fuss und mehr erreichen, ist die ewige Eismasse in ihrer Mächtigkeit nur gering und oft nur zwischen das wilde Felsengezacke eingelagert. Die Höhe des Finsteraarhorns, des Schreckhorns und anderer Berge ist in schneearmen Jahren beinahe nackt, sodass man das wilde Gezacke nur unter sehr grossen Schwierigkeiten und Gefahren ersteigen kann. Hugi hat durch Vergleichung dieser Verhältnisse an Ort und Stelle gefunden, dass in jener Höhe die Dicke des Firnes nur von wenigen Fussen bis zu wenigen Klaftern wechselt. Weiter abwärts wächst die Masse an, die etwa um die Firnlinie die grösste Dicke erreicht und gegen das Ende der Gletscher wieder bedeutend abnimmt. Die Mächtigkeit des Grindelwaldgletschers wurde genau zu 114, an anderer Stelle zu 161, und mehr gegen den Rand zu 62 Fuss gemessen, und zwar in der Höhe der Firnlinie. Diese Messungen der Gletschermächtigkeit sichern Hugi gleichfalls einen Platz in der Geschichte dieses Teiles der terrestrischen Physik.

Dass aus dem losen Schnee, der in den höchsten Höhen auf dem Firne aufliegt, nun allmählich im Laufe der Jahre Gletschereis wird, sieht man deutlich, wenn man im Frühjahre bei etwas mehr als 10000 Fuss Meereshöhe ein Firnlager senkrecht von der Oberfläche nach der Tiefe untersucht. Man findet die Oberfläche nur aus Schnee bestehend, der aber bald sich körnt, erhärtet und im Laufe des Sommers zu Firn wird. Gräbt man im Frühjahre diesen neuen Schnee oder im Sommer diese neu entstehende Firnschicht weg, so kommt man auf die schon jährige Schicht und findet dieselbe sehr bestimmt körnig als kompakten Firn, welcher mithin unaufgelockert nicht als körniger fester Schnee, sondern als ziemlich helles gleichartiges Eis erscheint und aufgelockert in seine einzelnen Körner zerfällt. Gräbt man tiefer und tiefer, so findet man die noch ältere Schicht in ihrem Korne noch bestimmter und entwickelter. So geht es abwärts, mithin mit dem zunehmenden Alter der Schicht fort, bis man endlich in der Tiefe auf echtes

Gletschereis stösst, dessen aufgelockerte Körner nicht mehr eine schwammige Rindenmasse besitzen, sondern eine helle und kompakte wie der Kern; zugleich findet man ein bestimmtes Haarspaltennetz über dem erwärmten Gesamtgletscher. Noch tiefer abwärts werden die Gletscherkörner grösser und die Gesamtmasse mehr ins Bläuliche spielend. Je weiter abwärts man kommt, desto deutlicher erscheint die Gletschermasse; über 10000 Fuss Meereshöhe gelangt man erst nach Klaftern auf die Gletschermasse, bei 9000 Fuss schon nach einigen Fuss, und bei 8000 Fuss verschwindet der Firn, und die Gletschermasse tritt frei zu Tage. Wie aber schon oben die Gletschermasse nach der Tiefe bestimmter wird, so wird sie auch auf dem Gletscher von der Oberfläche nach tieferen und älteren Schichten ausgesprochener und grobkörniger.

Was man daher von der höchsten Firnregion bis zum Ausgang der Gletscher in die Thäler über die Fläche hin beobachtet, das beobachtet man zugleich auch in senkrechter Linie von der Oberfläche zur Unterfläche der Gletscher und Firne; nach beiden Richtungen bemerkt man immer grösseres Alter und bestimmtere Entwicklung der Massen. Was man aber nach beiden Richtungen beobachtet, das sieht man zugleich auch am einzelnen Korne; seine ältere Kernmasse ist kompakt und bläulich wie der tiefere Gletscher; die weisse schwammige Rindenmasse aber ist nach aussen schneeartig wie der höchste Firn und geht erst schichtenweise in die Kernmasse über. Auch beim einzelnen Korne ist der Kern das erste und älteste, und nur durch fortwährende Entwicklung gestaltet sich allmählich die Rindenmasse, geht durch fortgesetzte Thätigkeit in die Kernmasse über und wird so zum Gletscherkorn, das seine begonnene Entwickelung fortsetzt, so wie dies der Gesamtgletscher selbst thut.

Hugi war es auch, der die Gletscherkörner Eiskrystalle genannt und ihnen zuerst besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat.[1])

Die Gletschermasse ist, wie Hugi S. 338 der Alpen-

[1]) Vgl. Emden, Über das Gletscherkorn, Zürich 1890.

reise sagt, auf ganz eigentümliche Weise aus Krystallen zusammengefügt, die vor dem Auflösen der Gesamtmasse in ihrem Gefüge gegenseitig sich auflockern, dass nicht nur abgerissene Gletscherfragmente, sondern auch oft die Ränder der Gletscher in bedeutender Masse beweglich sind. Auch bei dem lockersten Zusammenhange der Krystalle und ihrer Beweglichkeit gegeneinander fallen sie doch nicht auseinander; ja, es braucht bedeutende Gewalt, einen Krystall aus der Masse zu trennen; und ohne ihn zu brechen, wird man kaum seine Absicht erreichen. Denn die Krystalle sind gleichsam nach allen Lagen und Richtungen gelenkförmig ineinander gedrängt und jeder hilft seinen Nachbar in die Masse einkeilen. Ist aber nur ein Krystall herausgehoben, kann man sehr leicht einen nach dem anderen mit den Fingern wegnehmen und so die ganze Masse abtragen. Im Durchschnitt sind sie mehr länglich als kubisch und haben sehr oft einerseits, selten beiderseits, einen grossen Gelenkkopf mit unbestimmten Flächen und Winkeln. Diese Unbestimmtheit hat dann noch eine grössere in den umgebenden Krystallen zur Folge, die nach allen Richtungen sich zusammenfügen, kleinere zwischen grössere einschliessen und klumpenweise sich zusammenkeilen. Alle Aussenflächen der Krystalle sind rauh, warzig und gefurcht. Als Grund dafür, dass man die Beobachtungen Hugis, der etwas anderes als die damaligen Alpenforscher und Saussure beobachtet zu haben behauptete, als nicht ganz zuverlässig gelten lassen wollte, führt Agassiz folgendes an: „Die unzweckmässige Benennung „Gletscherkrystalle", welche Hugi für die Gletscherkörner gewählt, ist keiner der geringsten Gründe dafür." Als dann Agassiz seine Gletscherwanderungen begann, bestätigte er Hugis Beobachtungen über das körnig-krystallinische Gefüge von Firn und Gletscher aufs bestimmteste.

Ferner hat sich Hugi grosses Verdienst erworben durch gründliche und überzeugende Untersuchungen, die er angestellt hat über die Fortbewegung der Gletscher und das Ausstossen fremder Körper aus denselben. Schon lange

vor Hugi hatte man über die Fortbewegung der Gletscher die unbegründetsten Hypothesen aufgestellt, weil man jene meist nur am unteren Ende beobachtete, mithin über den ganzen Zusammenhang und die ursprüngliche Bildung nichts zu sagen wusste und doch die so allgemein bekannte Thatsache besprechen und erklären wollte. Man suchte dies zu erklären bald durch die Eigenschwere der Gletscher, bald durch ihr unteres Abschmelzen, Einstürzen der Gewölbe, durch ungeheure obere Schneelasten, bald durch das Gefrieren des Wassers in den Spalten. Zu Hugis Zeit kam man wiederholt auf die Ansicht Scheuchzers, der die Bewegung thalabwärts durch allenthalben eingesickertes und dann gefrorenes Regen- und Schneewasser verhältnismässig befriedigend erklärte. Bei all den unzähligen Erklärungsarten wurde nur die Bewegung thalabwärts ins Auge gefasst, während doch die Bewegung und Ausdehnung nach allen Seiten sich aufs bestimmteste beobachten lässt.[1])

Der Rotthalgletscher ist seitwärts sowohl als an seinem Ausgange ziemlich eingeengt und so horizontal, dass der der Ausdehnung sich entgegensetzende Widerstand nach allen Seiten ziemlich gleich ist. Öfters sah Hugi nun hier den Gletscher in seinem gewaltigen Andrange nach allen Seiten an den Felsen mehrere Klafter hoch sich aufrichten und endlich in fortgesetztem Andrange und Entwicklung sich zurückbiegen gegen das sich ausdehnende ungeheure Gletscherfeld und zwar mit allen einzelnen Schichten; ja, an mehreren Stellen sah Hugi bei seiner zweiten Reise die an Felsen aufgestülpte, geschichtete Masse als Folge des fortgesetzten Andranges wieder gegen den Gletscher zurückgerollt. Ähnliches kann bei fast allen Gletschern mehr oder weniger beobachtet werden.

---

[1]) Über die Geschichte der Gletschertheorien gibt Heim (Handbuch, S. 190 ff.) Aufschluss. Für Hugi sehr ehrenvoll ist der Umstand, dass verschiedene geachtete Gelehrte der Folgezeit, darunter kein geringerer als Forel, sich des ersteren Anschauung wenigstens zum Teile zu eigen machten (Günther, a. a. O, S. 745).

Weiter hat Hugi das Verdienst, streng wissenschaftlich nachgewiesen zu haben, dass die Gletscher nur vom Firne aus Nahrung und Zufluss erhalten, dass ferner die Fortbewegung des ganzen Gletschers durchaus nicht gleichmässig ist, vielmehr die Seitenteile desselben beim Thalabwärtssteigen sich anders verhalten als die Mitte, dass gewisse Terrainschwierigkeiten den zähen Eisstrom, gerade wie beim Flusse, in andere Bahnen lenken und die ganze Form ändern können u. s. w.

Um das Vorrücken der Gletscher messen zu können, baute Hugi 1827 auf der Mitte des Unteraargletschers gerade unter der Firnlinie, wo er sich gabelförmig in die weiten Firnthäler von Finster- und Lauteraar teilt, eine Hütte, in der er und während seiner Reise aufs Finsteraarhorn seine beobachtenden Reisegenossen mit Ingenieur Walker drei Wochen und die folgenden Jahre öfters wohnten.[1] Die Hütte wurde 1680 Fuss vom Felsenabhang zwischen zwei Granitblöcken gebaut. 3860 Fuss von der Hütte abwärts wurde auf einem ungeheuren Granitblock in der Mitte des Gletscherwalles eine grosse Signalstange aufgestellt, welche damals als unterer Endpunkt der sehr genau gemessenen Standlinie diente. In der Entfernung von einer Stunde stand der obere Endpunkt mit ähnlicher Signalstange auf dem Finsteraarfirn. Der Weg von der grossen Signalstange bis zu einem ungeheuren Felsblocke aus Granit, Gneis und Glimmerschiefer, der mit eingehauener 1 bezeichnet wurde, betrug 4086 Fuss; von da bis zu einem ausgezeichnet würfligen Granite mit etwa 19 Fuss Seitenlinie 5700 Fuss. Diesen bezeichnete man mit 2. 3240 Fuss weiter abwärts war eine ungeheure Gneistafel von 26028 Kubikfuss Inhalt, die mit 3 bezeichnet wurde. So wurden abwärts bis ans Ende noch mehrere Punkte genau bestimmt. Die Länge des ganzen Gletschers vom Abhang bis zum Ende betrug nur

[1]) Hugi, naturhistorische Alpenreisen, S. 228.

28014 Fuss. Nach drei Jahren, also im Jahre 1830, wo Hugi über den Gauligletscher und das Ewigschneehorn nach dem Lauteraarfirn herunterstieg, fand derselbe die Hütte 2184 Fuss weiter abwärts und im Jahre 1836 wieder um 2200 Fuss oder soweit von einem Felsen am Rande des Gletschers entfernt, der damals den Stand der Hütte bezeichnete. So rückte vom Jahr 1827—1836 die Hütte mit der sich ausdehnenden Gletschermasse 4384 Fuss thalabwärts. Am 22. August 1836 befand sich die Hütte in gerader Linie zwischen dem Spitzhorn, am rechten Gletscherufer und dem nördlichen Miselenhorn am linken.

Während die Hütte auf dem kaum 5 % abwärts geneigten Gletscher die drei ersten Jahre 2184 Fuss abwärts rückte, wanderte die grosse Signalstange auf dem ungeheuren Granitblocke 2944 Fuss abwärts; denn 1827 betrug ihre Entfernung von der Hütte 3860 und 4620 Fuss im Jahre 1830; also hat die Gletschermasse zwischen der Hütte und der Signalstange, während sie in drei Jahren 2184 Fuss abwärts rückte, sich selbst noch um 760 Fuss ausgedehnt. In dieser Zeit waren die untersten signalisierten Blöcke schon hinunter auf die Unteraaralp unter den Schutt geschoben, indem dem Gletscher fast ebensoviel unten abschmolz, als von oben nachgeschoben wurde.

Die zwei angeführten, mit 1 und 2 bezeichneten Blöcke unter der Signalstange waren mit ihr ebenfalls vorgeschoben, allein die Masse bis zum ersten hatte sich selbst nur 130, und die von 1 bis 2 nur 87 Fuss ausgedehnt. Ähnliche Verhältnisse fand man bei den Beobachtungen von 1837 für die sechs vorausgehenden Jahre.

Aus dem vorausgehenden ergibt sich, dass die Ausdehnung der Gletschermasse gerade unter der Firnlinie am grössten ist; man sieht auch in dieser Region die Gletscherkörner am meisten sich entwickeln und am schnellsten an Grösse und Reinheit zunehmen; tiefer abwärts bleiben sie an Grösse und Klarheit etwas gleichförmiger. Auch die Ausdehnung der Masse erfolgt langsamer, bis sie endlich

gegen den unteren Ausgang, wenigstens des langen Unteraargletschers, nicht mehr sich ausdehnt, sondern nur von der oberen Masse vorgeschoben wird und dann der Auflösung entgegengeht.

Die interessanteste Thatsache ist jedoch diese, die zeigt, wie ungleichartig die Schnelligkeit der Bewegung eines Gletschers an seinem Rande gegenüber seiner Mitte sein kann. Im Jahre 1825 stürzte vom oberen Erzberghorn eine stark eisenhaltige, rote Felsmasse hinunter auf den Rand des Gletschers. Im Jahre 1827 bestimmte Hugi die Lage dieses Getrümms aufs genaueste; zugleich stellte er dieser Felsmasse gegenüber auf der Mitte des Gletschers eine Stange auf einem grossen Blocke mit genauer Bezeichnung des Ortes in einer Flasche auf. Im Jahr 1830, also nach drei Jahren, ergab sich dieses Resultat: die Stange mit Granit und Flasche auf der Mitte des Gletschers war 3620 Fuss vorgerückt, das bezeichnete Steingetrümm dagegen am Rande des Gletschers hatte sich über 4000 Schuhe vorgeschoben. Der Grund dieses langsameren Vorrückens in der Mitte und des schnelleren an den Rändern ist nach Hugi nur in der dickeren Masse der Mitte oder des tieferen Thales und der geringeren Mächtigkeit der Randmasse zu suchen. Am Rande hat auch die unten abschmelzende grössere Bodenwärme wirksameren Einfluss auf die geringere Masse, als es bei der ungeheuren Mächtigkeit der Mittelmasse möglich wäre. Die Gletscher sitzen auch in der Mitte durch ihre grosse Schwere sowohl als ihr geringeres unteres Abschmelzen fester auf dem Grund als am Rande, daher der Widerstand der Bewegung nicht nur wie die Grösse der in allen Teilen sich vorschiebenden Masse, sondern auch wie das festere Aufsitzen und der grössere Widerstand, den der Gletscher in seinem Gange findet, sich verhält. Auf der Mitte des Gletschers ist die Thätigkeit der Masse nicht nur geringer; der Gletscher rückt nicht gleichförmig als Ganzmasse vor, sondern die Masse ist, obwohl an sich fest, bei ihrer sehr allmählichen und fort-

dauernden Entwicklung in allen ihren Teilen beweglich. Im Jahre 1836 fand Hugi auf dem Aargletscher diesseits und jenseits des grossen Mittelwalles eine Menge paralleler Schründe quer über den Gletscher gehend. Sechs Wochen später hatten sie sämtlich eine merklich schiefe Lage angenommen, indem sie in der Mitte des Gletschers weniger und gegen beide Ränder hin mehr vorgeschoben waren. So nehmen oft die Schründe über den Gesamtgletscher immer mehr eine Bogenlinie an, bis sie oft selbst mit dem Gletscher parallel stehen.

So erklären sich nach Hugi auch die eigenartigen Umbiegungen der Bewegungsrichtung und die Verschiedenheiten der Geschwindigkeitsverteilung in einem Vertikalprofile der Gletschermasse. Auch folgende Thatsache dürfte jetzt in ihrer Ursache nicht mehr schwer verständlich sein: überall sieht man zwei oder mehrere Gletscher zusammenstossen, bald unter spitzem Winkel, bald so, dass der eine dem anderen gerade in die Seite stösst. Schiebt sich der eine rascher als der andere vorwärts, so dreht sich allerdings die Gesamtmasse zu einem ungeheuren Wirbel; aber bald befreunden sich die Massen so, dass sie nicht nur ruhig als eine und dieselbe sich wie ein einziger Strom fortbewegen, sondern dann werden auch die Körner sich gleich. In der Regel stossen einem längeren Hauptgletscher ganz kurze, kaum vom ewigen Firn geboren, in die Seite. Bei ersterem zeigt sich dann das Korn sehr entwickelt, grob und hell; beim letzteren aber nicht. Da, wo beide Gletscher zusammenfliessen, merkt man die Verschiedenheit sehr deutlich, ähnlich wie bei sich verbindenden Flüssen;[1]) kurz nach dem Zusammenflusse oder nach dem ersten oder zweiten Jahre nimmt der kleinkörnige Strom Entwicklung, Klarheit und Gefüge des alten Hauptstromes an. Gesetzt den Fall, dieser Seitengletscher wäre für sich selbständig fortgerückt, so hätte er viele Stunden Weges und etwa 10 Jahre ge-

[1]) Günther, a. a. O., 2. Band, S. 817.

braucht, damit er in seinen Körnern jene Entwicklung erlange, die er infolge seiner Vereinigung mit dem älteren Gletscher so schnell erreicht hat.

Dass zwei vereinigte Gletscher in fortwährendem Vorrücken begriffen sind, kann leicht erklärt werden durch die Beweglichkeit und Verschiebbarkeit der einzelnen Körner nach dem Punkte des geringeren Widerstandes; ferner ist leicht denkbar, dass bei dem jährlichen Wechsel der Temperatur und bei dauernder atmosphärischer Tränkung die Körner sich nach dem geringeren Widerstande ausdehnen und so sich allmählich vorschieben. Nicht so klar ist die merkwürdig rasche Änderung der kleinen Körner im Zusammenflusse mit einem alten Gletscher. Zur Erklärung darf man vielleicht folgendes anführen.

Der auf den Firn gefallene Schnee nimmt bereits im ersten Jahr Form und Körnergrösse des berührenden Mutterfirnes an; oberhalb der Firnlinie wird er bestimmter und grobkörniger als bei einer Höhe von 10000 Fuss, und da wieder bestimmter und grobkörniger als bei 12000 Fuss Meereshöhe. Es ist eine bekannte Thatsache, dass unterhalb der Firnlinie der Schnee jeden Sommer ganz wegschmilzt, wenigstens auf der Gletscherfläche, und nur der herabsteigende Firn verwandelt sich in Gletschereis.

Ferner verdient die jedem Gletscherwanderer bekannte Thatsache hier erwähnt zu werden: Der in die Gletscherschründe gefallene Schnee schmilzt im Sommer nicht, geht auch nicht in Firn über, sondern wird bereits im ersten Sommer grobkörnig, wie der einschliessende Gletscher selbst. Drängt der Gletscher bei seiner Ausdehnung die Spalten zusammen, so treibt er die neuen nuss- oder eigrossen Körner über die Fläche; im ersten Jahr sind sie weiss, im zweiten hell wie der Gletscher und diesem ganz ähnlich. Da sie durch den Zusammendrang nicht mehr emporgetrieben werden, sind sie mit gleichem Korn in die drängende Gletschermasse übergegangen. Offenbar übt bei dieser raschen Umwandlung auch der Druck der grobgekörnten

Massen seinen Einfluss aus; allein ausserdem muss noch die Tendenz nach gleicher Bildung mit dem schon vorhandenen älteren Korne vorhanden sein, oder das grosse, klare, schon sehr entwickelte körnige Gefüge der Gletscher muss einen lebhaften Eindruck auf die neue Schneemasse ausüben.

Ferner hat Hugi zuerst nachgewiesen, dass jedes Anwachsen der Gletscher nur vom Firne stammt, da jeden Sommer, er sei so kalt und schlecht wie nur möglich, die während des Winters gefallene Schneemenge im Sommer immer wegschmelze; ferner, dass bei reichlichem Schneefall in der Gletscherregion der Gletscher jedesmal anschwelle und rascher fortschreite, weil eben bekanntlich aller Firn mit der Zeit sich in Gletschereis umwandelt. Das Vorrücken oder Zurückgehen der Gletscher darf man nie als Maasstab ihrer Bewegung annehmen; denn von einem Rückzuge der Gletscher kann nie und nimmer die Rede sein. Der Gletscher ist in fortwährendem Vorrücken begriffen; bald aber wird unten mehr abgeschmolzen als vorgeschoben wird, bald weniger. Das fortwährende untere Abschmelzen kann man weder messen noch berechnen. Deshalb hegte man zu Hugis Zeit noch die Meinung, dass ein wirklicher Rückzug stattfände. Jeder scheinbare Rückzug der Gletscher ist bei gleichmässigem Vorrücken nur durch schnelleres Abschmelzen bedingt. Die Richtigkeit dieser Ansicht Hugis geht aus folgenden Thatsachen hervor.

Im Winter 1832 war ungewöhnlich viel Schnee auf die Firnmeere von Grindelwald gefallen; im nächsten Sommer war er auf dem Gletscher ganz weggeschmolzen, während dagegen der Firn oberhalb der Firnlinie, die von Grünwengen hinüber nach dem Schreckhorn geht, ausserordentlich mächtig geworden war.

Im Sommer 1836, also nach 4 Jahren, war die Anschwellung, die seit dieser Zeit in Gletscher übergegangen, mehr als 6000 Fuss abwärts gerückt; nach 6 Jahren erschien sie über den ersten Felsen und nach 10 Jahren unten am Ende des Gletschers. Um den Weg von der Firnlinie bis

ans Ende zurückzulegen, brauchte sonach ein Punkt am unteren Grindelwaldgletscher etwa zwanzig Jahre. Selbstverständlich könnte eine Reihe von heissen Jahren dieses Weitersteigen ins Thal verhüten.

Für den von Hugi angeführten, genau beobachteten Bewegungsgang des unteren Gletschers von Grindelwald spricht aber auch die Geschichte. Im Jahre 1525 hat der erste reformierte Pfarrer von Grindelwald, Johannes Leuw, die Chronik angefangen, die dann durch 21 folgende Pfarrer bis 1790 fortgeführt wurde und zwar so, dass jeder Geistliche nur die Ereignisse während seiner Amtsthätigkeit aufzeichnete.

Die Jahre 1539—1563 waren fast alle ohne Ausnahme durch sehr schneearme Winter und meistenteils warme Sommer gekennzeichnet. Damals war der untere Gletscher noch nicht über die oberen Flühe gestiegen; folglich war die Gletscherzunge oder der sogenannte eigentliche Grindelwaldgletscher noch gar nicht vorhanden. Dies findet seine Bestätigung nicht nur durch die angeführte Chronik, sondern auch durch die Karte und Beschreibung von Schöpf. Zu dieser Zeit stand die Petronellkapelle noch, die etwa im Jahre 1000 erbaut worden sein mag; denn 1044 wurde das Glöcklein mit der Inschrift „Sancta Petronella ora pro nobis" gegossen, und man geht wohl nicht fehl in der Annahme, dass die Kapelle nicht dem vorrückenden Gletscher in den Weg gestellt worden war. Wie sich aber einmal die Masse vom obern ungeheuren Gletscherfeld über die Flühe gedrängt hatte, um sich unten wieder zu sammeln, musste der untere Gletscher, der tiefste im ganzen Alpengebirge, entstehen; denn die jetzt von ihm ausgefüllte Schlucht, sagt Hugi, ist so eng, schattig, feucht und kalt, dass der Gletscher nicht wegschmelzen konnte, bevor er das offene, kultivierte Thal von Grindelwald erreicht hatte.

Auch beweisen anderweitige Angaben in jener Chronik selbst, die von Weiss und anderen gesammelt worden sind, dass oben von Stieregg bis Bänisegg „Stier- und Kuhalpen"

waren, wo sich nachher das Eisfeld ausgedehnt hat. „Damals aber," sagt Kuhn, „schien die Natur aus ihrem Geleise zu treten, die Gletscher nahmen mit ungewöhnlichen Schritten zu und erreichten um das Jahr 1600 in der Schweiz und Tirol den Meridian ihrer Grösse." Dieser neue Gletscherzyklus begann mit dem Jahre 1565. Es heisst in der Chronik: „Da kam ein gar schwerer Winder, da lag Schnee ze ingendem Meyen mer denn Eins Manns tief bin Hiseren und kunt man nit vor St. Johan Zalp fahren." Ähnlich waren die Winter 1566, 1568 und 1569; der schrecklichste aber war der Winter 1572. Schon vor Michaelstag fiel ein ungeheurer Schnee, den 19. Christmonat aber war der Schneefall so stark, dass Menschen und Vieh in den Häusern erdrückt wurden oder aus Mangel an Luft darin erstickten, oder den Hungertod starben. Im Frühjahre überschütteten unzählige Lawinen den grössten Teil des Thales. Sogar im Ischboden fiel eine, die dem Uli von Almen und seiner Familie den Tod brachte. Auch zu Bordmödern ging, wie der Grindelwalder immer sich ausdrückt, eine solche „zweg", aus der Hans Gruber und Hans Rieder wieder lebendig ausgegraben wurden. Eine fiel bei Rotten, wo mehrere Hirten umkamen, eine im Rein u. s. w.

Ähnlich war der Winter 1573 und 1574. Den 10. April stürzte die Sichellawine und zerstörte mehrere Häuser mit Menschen und Vieh. 1576 lag der Schnee so dicht, dass man nicht von einem Hause zum anderen und den ganzen Winter kein Mensch aus dem Thale konnte. So geht es fort bis 1580, von wo an eine lange Periode von fast schneelosen oder auch durchschnittlichen Wintern folgte.

Wir sehen also aus dieser Grindelwalder Chronik,[1]) dass in den Jahren 1565 und 1572 ausserordentlich schneereiche Winter herrschten. Im Jahre 1580 drängte sich nun das Eismeer über die oberen Felsen, so dass der jetzige

---

[1]) Vgl. auch Brügger, Aus der Naturchronik der Schweizer Berge, Neue Züricher Zeitung (Feuilleton) 1863, II, Nr. 3 ff. Dieselbe erstreckt sich über achthundert Jahre.

untere Gletscher entstand und beim Vorrücken 1584 die Kapelle von Grindelwald zerstörte. „1588" heisst es, „streckt der Gletscher d'Nasä i Bodä" — ein Ausdruck, mit dem der Grindelwalder (s. o.) das starke Vorrücken der Gletscher unten im Thale bezeichnet — „und drückt ä Hübel mit ämä Ghalt weg."

„Im Jahre 1593 da ist der Gletsch so gros gsin, dass er in den Bergelbach trolet (unten stückweise abbrach) und hat man miesen zwei Hiser und viel Schiren dänäthun, da der Gletsch noch auf die Hofstatt gangen ist, und der ufer Gletsch ist bis unterä Schopf und ein Hantwurfweit bei dem Schissellauigraben, und verlor die Lütschina den rechten Gang und war verschwelt vom Gletsch, dass sie durch den Alauiboden ausgieng. Die ganzi Gmeind musste schwalen, aber es half nüt, man musste die Ghälter dänäthun. Da waren vier Hiser und viel Schiren und andere Ghälter viel und nahm das Wasser obrihand und trug den ganzen Alauiweg entweg und verwistet alles."

Dies Wenige mag genügen, um erwähnte, aus direkten Beobachtungen sich ergebende Vorrückungsperiode des Grindelwaldgletschers zu bestätigen. Es war im Jahr 1565 als die grosse Schneemenge auf dem Firn begann; nach zwanzig Jahren, also im Jahre 1585, schob der Gletscher die mächtige Masse schon ins Thal. 1572 war in den Firnregionen die schrecklichste Schneemenge, und nach 21 Jahren war diese ungeheure Anschwellung des Firns bis ans Ende des Gletschers unter das Dorf von Grindelwald fortgerückt.

Nach dieser Periode zog sich der Gletscher wieder zurück, d. h. die alte ungeheure Schneemasse, die zu Firn und dann zu Gletscher geworden, hatte sich allmählich entwickelt, ins Thal geschoben und hier sich aufgelöst. Da in den nächsten Jahren nur sehr wenig Schnee fiel, konnte das schlecht ernährte Eismeer nur einen magern Gletscherschweif aussenden, der, ehe er noch weit ins Thal geschoben werden konnte, seine Auflösung fand. So erklärt sich jener Rückzug.

Ein weiteres Verdienst Hugis ist folgendes.

Er hat zuerst die Frage zu beantworten gesucht, woher es komme, dass Felstrümmer und Blöcke, die in die Schründe hineinstürzen, immer wieder an die Oberfläche gebracht werden, und dass die Gletschermasse selbst nie fremde Körper eingeschlossen enthalte.[1])

Wenn Steine in nicht durchgehende Schründe der Gletscher, in Löcher u. s. w. stürzen, oder wenn solche in die Gletschermasse eingegraben und wieder mit Gletschermasse bedeckt werden, so beobachtet man, dass dieselben stets und zwar nach dem Verhältnisse ihrer Tiefe in kürzerer oder längerer Zeit wieder auf die Oberfläche getrieben werden. Einzeluntersuchungen ergaben für dieses Emporgestossenwerden jährlich gegen 20 Fuss und mehr. Einige Forscher vor Hugi schrieben diese Erscheinung dem oberflächlichen Abschmelzen zu und nahmen an, dass durch dieses obere Abschmelzen oder Ausdünsten die eingeschlossenen Steine entblösst und so auf die Oberfläche gebracht würden. Allein diese Annahme hat sich bei der anfangs oft so tiefen Lage der Gesteinstrümmer nicht stichhaltig erwiesen. Wie Hugi untersucht hat, beruht der ganze Prozess eben nur auf dem Umstande, dass die anfangs nur liniengrossen, später zollgrossen Gletscherkörner fortwährend anwachsen, sodass dabei alle erdigen Stoffe, Sandkörner aus der Gletschermasse ausgeschieden und selbst die ungeheuersten, bisweilen 20000 Kubikfuss grosse Granitblöcke auf die Oberfläche getrieben werden.

Bei ihrer Bewegung über mehr oder weniger hohe und senkrechte Felsen reissen sehr viele Gletscher fortwährend

---

[1]) Hinsichtlich dieser oft sehr verwickelten Verhältnisse hat allerdings unsere Gegenwart vielfach andere Ansichten sich gebildet, dank namentlich den Untersuchungen S. Finsterwalders. (Der Vernagtferner, Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins, Wissenschaftliche Ergänzungshefte, I, S. 1 ff.; Sitzungsberichte der bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathem.-Physik. Klasse, 1900, S. 534 ff.) Immerhin sind Hugis Erklärungsversuche für ihre Epoche sehr schätzbar.

mit dem oft sehr zahlreichen Steingetrümm ihrer Oberfläche ab, stürzen über die Felsen und sammeln sich in der Tiefe zu ungeheuren Schutthaufen. Bald fügt sich die zermalmte Masse wieder zu festem, eben so grobkörnigen Gletschereis, wie sie oberhalb des Sturzes war. Nach der Trümmerung sind Steingetrümm und Gletscherkörner in der ganzen Masse durcheinander gemischt.

Andere Gletscher stürzen zwar nicht über senkrechte Felsen, steigen aber so jäh herab, dass sie zerreissen und in Millionen schauerlicher Turmgestalten sich gliedern. Die ruinenartigen, oft 40 Fuss hohen Türme haben häufig auf ihrer Spitze einen Felsblock,[1]) der beim fortwährenden Einsturz jener Türme ebenfalls in Tiefen und Spalten gelangt und mit Eis bedeckt wieder auf die Oberfläche getrieben wird. In dem nach einem solchen Ruin wieder gesammelten und nur 100 Fuss weit ruhig vorgeschobenen Gletscher kann keiner auch nur einen einzelnen Stein entdecken. Trotz des fortwährenden Absturzes der Gletscher ist ihre ganze Innenmasse rein und hell ohne fremden Körper und Steingetrümm.

Obgleich das in der Entwicklung begriffene Gletscherkorn und der Gletscher als Ganzmasse im Gefüge der Körner auch jedes Sandkörnchen ausstösst, so bleiben doch oft färbende Stoffe in der Masse zurück. Beim näheren Untersuchen findet man weder Kiesel- noch andere Erde, sondern entweder aus vegetabilischem Moder in Oxyde übergegangene Stoffe oder auch Produkte früherer Metalloxyde. Dass diese färbenden Stoffe in die krystallinische Gletscherbildung aufgenommen werden können, scheint in dem Vorherrschen des Sauerstoffs begründet zu sein.

[1]) Hier sei bemerkt, dass das Wort Gletschertisch, das jetzt in der alpinen Litteratur so geläufig geworden ist, von Hugi geprägt worden zu sein scheint (v. Boehm, S. 33). Die Sache selber hat Wyttenbach gekannt, und seine Interpretation ist derjenigen unseres Forschers vorzuziehen (v. Boehm, S. 53).

Anders als der krystallinisch gebildete Gletscher verhält sich der noch wenig entwickelte und nur durch Kälte noch als Ganzmasse zusammenhängende Firn. Sandkörner, erdige Teile und Steingetrümm vereinigen sich mit ihm und sinken in ihm so tief ein, als die Firnmasse gestattet. Entwickeln sich aber nach einiger Tiefe unter der Oberfläche, oberhalb der Firnlinie nach wenigen Fuss, bei 12000 Fuss Höhe aber erst nach Klaftern die Firnkörner mehr und schliessen sich endlich zu fester Masse zusammen, die durch die Wärme sich nicht mehr auflockert und dann allmählich in Gletscher übergeht, so scheiden sich jene erdigen Stoffe, Sandkörner und Felsblöcke aus der Masse und werden, selbst die ungeheuersten Granitblöcke, von dem sich gestaltenden Gletscher auf die Oberfläche getrieben. Sowie die zellige Firnmasse zu festem Gletscher sich entwickelt, scheidet sie alle fremdartigen Körper aus und schliesst sie nie in ihre Bildung ein.

Noch niemals hat nach Hugis Meinung ein Forscher — und hat er auch die Gletscher bei ihrem Abbrechen und Abschmelzen noch so oft untersucht — irgend einen Stein u. s. w. in die wirkliche Gletschermasse eingeschlossen gesehen.[1])

Zur Herbstzeit in die Schründe gestürzte und dort stecken gebliebene Felsmassen sind bereits im nächsten Frühjahr auf der Oberfläche sichtbar, obgleich diese nicht im mindesten abgenommen, sondern im Gegenteil unterdessen bedeutend zugenommen hat. Das Ausschieben erfolgt immer nach der kürzesten Linie vom fremdartigen Körper bis zur Oberfläche oder nach dem geringeren entgegengesetzten Widerstand. Dieses so bestimmte Ausscheiden fremder Körper hat seinen Grund in der inneren Regsamkeit und Thätigkeit. Ein 30 Fuss tief im Gletscher steckender Felsblock kann nur aus der Masse geschoben werden, wenn die

---

[1]) Von den „Innenmoränen" (Boehm, S. 102 ff., S. 124 ff., S. 164 ff., S. 183 ff.) hatte eben Hugi noch keine Kenntnis.

innere Masse thätig ist, wenn Zelle auf Zelle, Korn auf Korn, Schicht auf Schicht wirkt. Wenn das Steinkorn mit dem Gletscherkorn in gegenseitig polarer Thätigkeit stünde, so würde keine Ausscheidung vor sich gehen und das innere Gletschereis wäre nicht klar und rein wie der Himmel, sondern ein Chaos von Eis und Steingetrümm. Agassiz wollte dieses Ausschieben bloss aus einsickerndem und gefrierendem Wasser erklären; aber dies ist nicht gut möglich, weil nie Wasser so tief einsickert, und wäre es auch der Fall, könnte es wohl eher den Felsblock mit einer Eiskruste umgeben und ihn noch unbeweglicher in die Masse einschliessen. Hugi gibt seine — naturphilosophische — Erklärung dahin ab: Nur die dem in der Entwicklung begriffenen Gletschereise innewohnende Kraft erklärt die Thatsache, dass die specifisch so viel schwereren Steinblöcke dem Gesetz der Schwere entgegen gehoben werden.

Nicht unerwähnt bleibe hier eine interessante Thatsache, nämlich das Einsinken zarter Insekten in den Firn. Hugi sah solche Insekten über 2 Fuss tief eingeschmolzen, so dass man auch ihre zartesten Teile, wie Füsse, Fühler u. s. w. durch die ganze Öffnung abwärts sehen konnte. Die Erklärung, dass die durch die Sonne erwärmten Insekten den Firn unter ihrem Körper schmelzen und so immer tiefer einsinken, hat ihre gerechtfertigten Bedenken; denn bis in eine Tiefe von 2 Fuss ist das schwierig, da der zarte Körper wohl eher die Temperatur des Firnes annehmen würde; auch dringt der Sonnenstrahl nicht so tief. Hugi erklärt sich die Sache so: Der Insektenkörper, der ohnehin von den Zootomen als „Kieme“ betrachtet werde, welche fortwährend eine Menge Sauerstoff absorbiert, absorbiert hier ebenfalls den Sauerstoff der schwammigen Firnmasse, trägt dadurch zur Auflösung des berührenden Firnes bei und bewirkt so das Einsinken. Oft sah Hugi tote Gemsen in die Gletschermasse eingebettet, aber zu seiner grössten Verwunderung sah er ebenso oft, wie die reinen Knochen derselben ausgestossen wurden. Die Knochen als solche

scheinen mehr als kalkige, sog. unorganische Masse sich zu verhalten. Ähnliches beobachtete Hugi an einem Pferde, das in einen Schrund stürzte und den ganzen Sommer tiefer und tiefer sank, bis es ganz verschwand. Nach Verlauf von zwei Jahren wurden die reinen Knochen vom Gletscher auf die Oberfläche ausgestossen. Auffallend ist, dass die in den Gletscher eingeschlossenen Knochen so bald sich von allen faulenden Teilen reinigen, ja schneller als sonst in der Atmosphäre. Merkwürdig ist diese leichte Zersetzbarkeit durch Abgabe des Sauerstoffs.

Ein weiteres Verdienst Hugis, das wir gelegentlich seiner „Reise auf das Eismeer" schon kennen gelernt haben, sei hier noch einmal in aller Kürze wiederholt. Hugi hat zuerst behauptet, die Gletscher müssten sich auch im Winter fortbewegen; eine Behauptung, die ihm (s. o.) von Charpentier u. a. den entschiedensten Widerspruch eingetragen hatte. Die Gegner behaupteten nämlich, die Gletscher stünden im Winter stille, weil sie mit dem Boden fest zusammengefroren wären. Im Jahre 1832 rückte der obere Grindelwaldgletscher täglich vor und war trotz der strengen Kälte nicht im mindesten mit dem Boden zusammengefroren, wenngleich man ihn oben auf dem Eismeere fester mit ihm vereint gefunden hatte. Die Grindelwalder behaupteten, dass der Gletscher während des Winters vorrücke und im Sommer stillstehe oder sich zurückziehe. Diese Behauptung war nur scheinbar richtig, denn sie beachteten das Abschmelzen nicht. Hugi wies nach, dass der Gletscher auch im Winter sich fortbewege, wenngleich er fester auf dem Grunde sitzen und teilweise mit ihm vereint sein mag.

Für die Thätigkeit der Gletschermasse im Winter spricht einmal das Gesetz der Eisentwicklung mit der Kälte und zum andern das vertikale Wachsen im Winter. Dieses letztere würde wahrscheinlich geringer sein und die Masse würde sich mehr horizontal bewegen, wenn sie nicht so fest mit dem Grunde vereinigt wäre. Während des Früh-

lings und Herbstes ist die Ausdehnung und Entwicklung am stärksten, mangelt aber auch im Sommer nicht.

Dass Hugi mit seiner Annahme einer Gletscherbewegung im Winter recht hatte, haben sorgfältig und eingehend spätere Forscher konstatiert, die — ebenso wie Hugi — die Gesetze der Bewegung durch die genauesten Messungen festgestellt haben. Es seien hier nur die beiden Namen Agassiz und Forbes angeführt. Forbes[1]) bestimmte 1842/43 am Mer de Glace gegenüber dem Montauvert die mittleren täglichen Bewegungen; ebenso that dies Pfarrer Ziegler[2]) in Grindelwald an einem Pfahl, der 65 m oberhalb des Endes in den unteren Grindelwaldgletscher eingerammt war. Eine vollständige Beobachtungsreihe lieferten 1845 auf 1846 Agassiz und Genossen am Unteraargletscher an einer Stelle ca. 6800 m vom Ende entfernt. Als Verhältnis vom Maximum (Mai) zu Minimum (Januar) ergab sich hier ca. 100 : 36.

Eingehend hat Hugi auch die Gletscherspalten behandelt.

Im Gletscher bilden sich nur an warmen, hellen Sommertagen Spalten; der Riss geht immer auf freiem Gletscher unter eigentümlich schwachem Geräusche vor sich. Hugi hat die Erscheinung öfters und zwar immer unter gleichen Umständen beobachtet. Solange die Masse noch im eigentlichen Sinne bloss gekörnt ist, bilden sich keine oberen Schründe. Infolge der Hitze des Tages und des Sommers wird die Masse in allen Teilen leicht gelockert, ohne dass sie reisst. Fügt sich aber durch lange fortgesetzte Reihen von Contraktion, Tränkung und Expansion die körnige Masse mehr krystallinisch, dann wird zugleich das einzelne Korn flächig und drängt sich zwischen die umgebenden Körner hinein; kurz gesagt, es beginnt (s. o.) jenes merkwürdige Ineinanderkeilen, das immer mehr fortschreitet. Das einzelne

---

[1]) Heim, Hdb. d. Gl., S. 175.

[2]) Heim, „ „ „, S. 175.

Korn fügt sich fest zur Gesamtmasse, zum Gletscher. Die erhöhte Temperatur, die Wärme im Gegensatz zur Kälte, die alle Eisgebilde ausdehnt und grösser macht, diese Wärme kann das ineinander Gefügte nicht mehr in allen Teilen lösen, jedoch die ganze Masse, besonders an der Oberfläche, sehr stark in Spannung bringen. Endlich wird Gewalt mit Gewalt besiegt, und die Masse „reisst".

Hugi hörte auf dem Unteraargletscher bei grosser Hitze mittags 3 Uhr ein ganz eigentümliches Getöse. Kaum war er ihm 30–40 Schritte entgegengesprungen, so fühlte er unter seinen Füssen die Masse schlagweise erzittern und bald fand er auch den Grund: der Gletscher warf eine Spalte. 10–20 Fuss rissen oft in einem Momente, so dass er nicht nachspringen konnte. Oft schien es aufhören zu wollen und die Masse trennte sich sehr allmählich und ohne Geräusch, dann aber warf sich erschütternd wieder der Riss weiter. Mehrmals eilte Hugi voraus und legte sich dann auf den Gletscher hin. Da fuhr der Riss gerade „unter seiner Nase" durch, wobei die bewegte Masse ihn bedeutend erschütterte, ohne ihn jedoch am genauen Beobachten zu hindern.

Der entstehenden Spalte folgte Hugi dann beinahe eine Viertelstunde weit, bis an den grossen Gufferwall, wo sie aufhörte. Die Spalte öffnete sich unter schlagweiser Erzitterung der Masse kaum $1^1/_2$ Zoll, dann aber schloss im ruhigen Zustande sie sich wieder enger, so dass sie den ersten Tag nie zollgross war. Das Innere der Spalten war jedesmal rauh und uneben; ein Teil der Gletscherkrystalle war entzweigerissen. Sofort liess Hugi mit dem Gletscherbeile etwa 6 Fuss in die Tiefe hineinhauen; der neue Riss zeigte sich nur selten über 4 Fuss tief. Als er nach einigen Tagen mit dem Grafen von Paar diese Spalte wieder untersuchte, hatte sie sich 6 Zoll weit geöffnet, während ihre Tiefe sich nicht mehr bestimmen liess. Unverkennbar zeigte sich hier der atmosphärische Einfluss und die Wirkung erhöhter Temperatur.

Solche Spalten, die Hugi später noch öfters beobachtete, entstehen nur an heissen Tagen und scheinbar gerne bei Witterungswechsel, niemals dagegen in der Nacht und im Winter. Im Gegenteile fand Hugi, dass sie sich in der Nacht enger schliessen und im Winter ganz verschwinden.

Auf dem Unteraargletscher wurden Hugi und seine Gefährten fast in jeder Nacht durch unterirdisches Getöse oft 2—3mal aufgeschreckt. Zweimal wurde sogar das in den Gletscher eingehauene und mit Schiefer und Gras belegte Nachtlager von unten herauf heftig erschüttert in Schlägen, wie sie Hugi beim oberen Spaltenwerfen empfunden; doch an ein solches war gar nicht zu denken, da die ganze Erschütterung so bestimmt dumpf und unterirdisch war. Niemals sah man am Morgen in weiter Ausdehnung einen oberen neuen Spaltenwurf, und nie hörte Hugi, so oft er auch am Tage die Gletscher bewanderte, dieses dumpfe unterirdische Getöse. Eine untere Spalte sah Hugi bei seinem Vordringen unter dem Vieschergletscher. Unten war sie höchstens 4 Fuss weit offen; an der äusseren und oberen Fläche sah Hugi in jener Richtung auch nicht die geringste Spur einer ihr entsprechenden Oberspalte. Sicher kommen die Oberspalten weit häufiger vor als die Unterspalten.

Die oberen, auch Tagspalten genannt, sind nach der Oberfläche am weitesten geöffnet, während sie nach unten keilförmig zusammenlaufen. Im Hochfirne ist kein oberes Spaltenwerfen möglich. Denn die Masse ist noch so unbestimmt gefügt und beim Temperaturwechsel ist keine Spannung möglich, da die einzelnen Körner leichter ihren engen Zusammenhang einbüssen. Dies ist auch der Grund, warum im Firne die oberen Schründe so selten sind. Im Hochfirne ist jede Spalte auf dem Grunde weit und verengt sich dann keilförmig nach oben. Die Firnschründe sind viel weiter und schrecklicher als die verengt nach unten gehenden Gletscherspalten, weil sie im Winter ebenso wie die unteren

Gletscherspalten sich in der Regel nicht schliessen und nicht in jedem Jahre erneuern.

Die Konsequenz des Vorausgehenden ist die: Einerseits sind die Temperatur von Nacht und Tag, von Sommer und Winter sehr beträchtlich verschieden, und andererseits auch ihre Wirkungen an der Ober- und Unterfläche. Durch Überwärmung im Sommer und in kleiner Periode am Tage werden die oberen Teile der ewigen Eisgebilde den unteren in Spannung entgegengesetzt und ebenso trotz der scheinbaren ziemlichen Gleichförmigkeit der unteren Temperatur wieder durch abwechselndes, äusserst starkes oberflächliches Erkalten. Dieser Gegensatz hat zur Folge, dass die oberen Schründe während des Tages und im Sommer entstehen und die unteren während der Nacht und des Winters. Anfangs reisst sich jede Spalte nur sehr schwach in die obere oder untere Fläche des gespannten Eisgebildes ein; erst allmählich unter dem Einfluss der Atmosphäre und der Temperatur auf das Eisinnere durchdringt sie oft den ganzen Gletscher und öffnet sich dann oft merkwürdig wild und weit.

Noch eine kurze Bemerkung über das Erweitern der Spalten.

Bei fast horizontal liegenden und sehr langen Gletschern, z. B. beim Unteraar- oder Aletschgletscher, wird man vergebens nach weiten Schründen suchen; jedoch steht die Erweiterung der Schründe im Verhältnis zur Neigung des Abhanges. Wahrscheinlich hat dies seinen Grund in dem geringeren oder grösseren Widerstande, den der vorrückende Gletscher überwinden muss. Hugi hat offenbar die Verschiedenartigkeit der Bedingungen, unter denen sich Quer-, Längs- und Randspalten bilden, deutlich erkannt, und nur seine oft etwas gekünstelte Ausdrucksweise lässt den Gedankengang nicht klar genug hervortreten.

In der Geschichte der Gletscher spielen nach Hugi ferner auch eine grosse Rolle die „Gufferlinien". Unter Gletschertischen versteht man einzelne auf Gletscherkegeln ruhende Steine, unter Gufferlinien dagegen Streifen von

Felsgetrümm, das über die Mitte der Gletscher hinab sich allmählich mit ihnen zu Thal schiebt.

Der Seitenschutt auf den beiden Gletscherrändern, „Gandecke" (Randdecke) genannt, entsteht durch fortwährendes Abstürzen von Trümmern der beiderseitigen Gebirge und Thalgehänge. Bei einem einfachen Gletscher findet man nie eine Gufferlinie, sondern nur da, wo zwei oder mehrere Gletscher sich vereinen und dann gemeinsam sich vorschieben. Betrachten wir einmal den Unteraargletscher. Nach oben teilt er sich in den Lauter- und Finsteraarfirn, zwischen welchen beiden Thälern das Lauteraarhorn sich befindet. Von diesem Horne stürzt fortwährend Steingetrümm herunter auf beide Firne und bildet so Randdecken, die sich so tief in den Firn einsenken, dass man sie nicht sehen kann.

Im Jahre 1830 war ein ungeheurer Gneisblock neben dem Felsenabhang kaum noch sichtbar und nicht über die Firnfläche erhaben; er wurde genau bezeichnet, indem Hugi mit Ölfarbe die Jahreszahl auftrug. 1836, also nach 6 Jahren, fand Hugi auf dem Blocke zwar noch die Zahl, aber der Block war nicht mehr oben eingesenkt im Rande des Firnes, sondern schwebte mehrere 1000 Fuss weit unten auf der Mitte des Gletschers hoch und frei auf einem Eishügel. Wie der Gletscher aus der Vereinigung zweier Firne oder Gletscher, so entsteht die grosse mittlere Schuttlinie aus der Vereinigung zweier Randdecken; denn wo Finster- und Lauteraargletscher zusammenstossen, bilden sie den Unteraargletscher, während die vereinigten „Gandecken"[1] die Mittellinie des unteren Gletschers bilden. Der Oberaargletscher hat deshalb keine mittlere Gufferlinie, weil er

[1]) Die Etymologie dieses Wortes bespricht v. Boehm (S. 96). Das Wort „Gufferlinie" für Moräne bringt in der Fachlitteratur zuerst Kuhn 1786 vor (v. Boehm, S. 116 ff.). Das Irrtümliche in Hugis Auffassung dieser Seitenmoränen erörtert ausführlich der Historiker der Moränenkunde (S. 52 ff.).

nicht aus zwei Hauptgletschern entsteht, die Randdecken hätten. Überall, wo eine Gufferlinie sich findet, ist sie aus dem Zusammenflusse zweier Gletscher entstanden. Wo zwei Gletscher auseinandergehen, wird die Gufferlinie sich ebenfalls teilen und auf jedem einzelnen Gletscher als Randdecke erscheinen. Sind die Gletscher ungleich gross, so läuft die Gufferlinie mehr auf der Seite des kleineren Gletschers herab und nicht über die Mitte des vereinigten Gletschers. Durch die Guffer wird deshalb immer die stets vorwärts wachsende Vereinigungsnaht zweier vereinter Gletscher bezeichnet.

Zum Schlusse soll auch nicht unerwähnt bleiben, dass Hugi sich der Erklärung der erratischen Erscheinungen durch frühere grössere Ausdehnung der Gletscher immerfort vollkommen feindlich gegenüberstellte. Die sogenannte Gletschertheorie war 1837 von Agassiz aufgestellt worden, den die im Jura so häufig sich findenden erratischen Blöcke zu näherer Untersuchung angeregt hatten. In seinem Buch: „Die Gletscher und die erratischen Blöcke“ sagt Hugi Seite 76: „Eine grosse Menge Alpfelsblöcke liegen nun einmal dem Jura nach, durch das grosse Schweizerthal und in weit grösserer Ferne von alpinischen Gebirgen über die nordeuropäischen Ebenen zerstreut, und zwar über die neuesten Gebirgsgebilde und die angeschwemmten Diluviallager hin. Auf jeden Fall finden sich diese Blöcke nicht am Ort ihrer ursprünglichen Bildung, sie sind bei irgend einer Katastrophe an ihren gegenwärtigen Fundort versetzt worden.“ Über die Erklärung war man lange nicht einig. Dolomieu, Ebel u. a. behaupteten, über die schiefe Fläche, welche das ganze Land zwischen den Alpen und dem Jura gebildet habe, seien jene Blöcke zum Jura gelangt. Später erst sei dann das grosse Schweizerthal ausgewaschen worden. Hugi wirft hier die gewiss berechtigten Fragen auf: „Wie kommen aber dann die Blöcke von den nicht hohen nordischen Gebirgen bis in die russischen und deutschen Ebenen? wie reimt sich diese Ansicht

mit der verschiedenen Blockhöhe und ihrem Erscheinen inner und über dem Jura hinaus?"[1])

Die beiden Deluc legen sich die Sache so zurecht: Durch unterirdische Dämpfe und Vulkanismus wurden die Blöcke aus der Erde von den älteren Gebirgsschichten an emporgetrieben, explodierten, durchbrachen die Juraschichten und lagerten sich über dieselben. Diese Ansicht ist nur eine schlechte Hypothese; denn das Durchbrechen der Juraschichten lässt sich durch keine Schlünde, Krater u. s. w. an Ort und Stelle nachweisen.

Nach Saussure sind durch den Ausbruch eines gewaltigen Sees die Blöcke vom Rhonethal über die ganze Schweiz verbreitet worden. L. von Buch tritt dieser Erklärung entgegen, indem er behauptet, durch mehrere Ströme seien jene Blöcke von den Alpen bis zum Jura gerissen worden, und zwar mit solcher Schnelligkeit, dass die Blöcke auf der Oberfläche und jene tiefer im Strome gar keine Zeit hatten, tiefer im Wasser zu sinken. Lyell stellte sodann die sog. Drifttheorie auf: Wie im Nordmeere ungeheure Felsblöcke auf Eismassen schwimmend umhergetrieben werden, so sind durch eine Flut die Blöcke auf Eismassen von den Alpen zum Jura und von den skandinavischen Gebirgen nach den nordeuropäischen Ebenen geführt worden.

Erst Venetz, Charpentier und Agassiz traten gegen die Stromtheorie auf und behaupteten, jene Blöcke seien infolge einer Eiszeit auf Gletschern durch deren successive Entwicklung und Ausdehnung von den Alpen zum Jura und von den nordischen Gebirgen weithin in die deutsche und russische Ebene fortgestossen worden. Agassiz, der Begründer der Gletschertheorie, führt die längst bekannten, Deluc entnommenen Thatsachen an, dass in den gegen die Alpen vollständig abgeschlossenen Jurathälern grosse Mengen alpiner Blöcke sich finden, dass diese Blöcke über die ver-

[1]) Die nachstehenden Notizen sind wesentlich den zitierten Werken von Penck, v. Boehm und Günther entnommen.

schiedenen Juraketten hinaus bis Besançon u. s. w. anzutreffen sind. „Wie soll man sich", sagt Agassiz, „im Angesichte solcher Thatsachen einen Strom vorstellen, der so ungeheure Blöcke mit sich wälzend, die hohen Kämme des Jura überflutet und die Blöcke ebenso gut auf den Nordabhängen des Gebirges, über welche er das Thal hinunterstürzen musste, abgesetzt hätte als auf den südlichen Abhängen, wider welche er anprallte? Warum finden sich die grössten Blöcke in bedeutender Höhe, und wie kommt es, dass sie nicht im Verhältnis ihrer Grösse und ihres Gewichtes während des Weges sich gesenkt haben? Wo hatte denn der Strom die fürchterliche Gewalt her, und wenn diese Gewalt wirklich so gross war, warum hat nicht jeder Block ein Loch in die Jurafelsen gewühlt u. s. w.?"

Hugi gibt zu, dass diese von Agassiz aufgeworfenen Fragen allerdings sehr der Stromtheorie widersprechen, und doch stellte er sich seinerseits auch der Gletschertheorie feindlich gegenüber, die doch heute fast allein massgebend ist.[1]) Im Gegensatz zu Lyell behaupteten auch der Schwede Torell u. a., dass der Norden Europas und Deutschlands während der Eiszeit vollkommen vergletschert gewesen sei.

Hier dürfte wohl eine gedrängte, die wichtigsten Leistungen Hugis kurz zusammenfassende Schlussbemerkung nicht unerwünscht sein. Hugi sagt in der Vorrede so bescheiden, dass er seine Schrift über das Wesen der Gletscher keineswegs in der Absicht herausgegeben habe, die wichtige Frage zu entscheiden oder auch nur etwas Bedeutendes leisten zu wollen, denn von der Gletschergeschichte kenne man noch äusserst wenig, und die näheren Untersuchungen müssten erst von der Zukunft erwartet werden. Trotzdem hat Hugi Grosses geleistet. Hugi hat zuerst unter Gefahren und Schwierigkeiten aller Art die Gletscher an Ort und Stelle untersucht und zwar recht eingehend, während man vor Hugi, wie wir sahen, im allge-

---

[1]) Einzelne Anhänger der Drifttheorie gibt es auch jetzt noch; Günther, S. 943.

meinen recht oberflächlich sich dem Gletscherstudium widmete. Nach ihm bewegt sich der Gletscher auch im Winter; eine Behauptung, die man vor ihm als sinnlos bezeichnete. Die Umwandlung von Firn- in Gletschereis erfolgt nicht nur durch eine bloss mechanische Umgestaltung und Entwicklung, sondern sie ist bedingt durch einen wirklichen Rhythmus von Inhalation und Exhalation. Dass blosses fortgesetztes Tränken mit atmosphärischem Wasser nicht genügt, hat Hugi auf experimentellem Wege nachgewiesen. Hugi verdanken wir zuerst eine genaue Feststellung vom Wesen und Begriff des Firnes; ferner war er es, der zuerst die Firnlinie definiert und die Gletscherkörner Eiskrystalle genannt hat. Anerkennenswert sind weiter seine Untersuchungen über die Bewegung der Gletscher und über die Ausstossung fremder Körper, über Spaltenwerfen u. s. w. Ferner hat er zuerst den Nachweis geliefert, dass das Wachsen der Gletscher immer nur vom Firne herrühre.[1])

Hugis Andenken lebt in der Wissenschaft fort, weil sein Name mit der Gletschergeschichte und mit der Geologie der Schweizer Alpen aufs innigste verknüpft ist.

[1]) Wenn auch Hugis Verdienste um die Glazialphysik weitaus diejenigen überragen, die er sich um die Glazialgeologie erwarb, so darf doch auch nicht übergangen werden sein Hinweis auf die sogenannten Rundhöcker, die er, vielleicht im Anschlusse an Storr, „Bruchgestalten" nannte (v. Boehm, S. 90 ff.). Dass Rendu, der einsichtige savoyische Gletschertheoretiker, nichts von Kuhn, Hugi und J. R. Wyss (Reise in das Berner Oberland, Bern 1777) wusste, spricht sich nach v. Boehm (S. 79) in seinem ungenügenden Verständnis für das Wesen der Mittelmoränen aus. Und Kämtz (Einige Bemerkungen über die Glätscher, Schweiggers Journal für Chemie und Physik, 67. Band, S. 249 ff.) hätte es wahrlich nicht nötig gehabt, sich über die Moränenlehre des schweizerischen Forschers „auf eine für die Wissenschaft unwürdige Weise" — dies sind Hugis eigene Worte — auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Hugi, Franz Joseph: Naturhistorische Alpenreise. Solothurn, bey J. Amiet-Lutiger. Leipzig, in Commission bey Friedrich Fleischer 1830. Vorgelesen der naturforschenden Gesellschaft in Solothurn von ihrem Vorsteher F. Jos. Hugi, Lehrer.

Hugi: Über das Wesen der Gletscher und Winterreise in das Eismeer. Stuttgart und Tübingen. J. G. Cottascher Verlag 1842.

Hugi: Die Gletscher und die erratischen Blöcke. Solothurn, 1843. Verlag von Jent und Gassmann.

Altmann, Johann Georg: Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisberge. Zürich. Bey Heidegger und Comp., 1751.

Leipziger Repertorium der deutschen und ausländischen Literatur. 51. Band, der ganzen Reihe 85. Band, herausgegeben von **E. G. Gersdorf.** Seite 29.

Norwegen und seine Gletscher. Nebst Reisen in den Hochalpen der Dauphiné, von Bern und Savoyen. Von **Jam. D. Forbes.** Aus dem Englischen von A. Zuchold. Leipzig, 1855.

Studer, Bernhard: Geschichte der physischen Geographie der Schweiz bis 1815 von **B. Studer,** Professor der Geologie. Bern. Stämpflische Verlagshandlung. 1863. Zürich. Friedrich Schulthess.

Ebel, Johann Gottfried: Über den Bau der Erde in den Alpengebirgen zwischen 12 Längen- und 2—4 Breitegraden nebst einigen Betrachtungen über die Gebirge und den Bau der Erde überhaupt. Mit geognostischen Karten von **J. G. Ebel,** Doktor der Medizin. Zürich 1808. Bey Orell, Füssli u. Co.

Ebel: Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen. II. Teil. Erster Abschnitt A-G. Artikel: Gletscher, Seite 382—391. Zürich, bei Orell, Füssli u. Co., 1804.

Gruner, Gottlieb Siegmund: Die Eisgebirge des Schweizerlandes, beschrieben von G. S. Gruner, Fürsprech vor den Zweyhunderten des Freystaates Bern. Bern, im Verlag der neuen Buchhandlung. Bei Abraham Wagner, Sohn 1760.

Heim: Handbuch der Gletscherkunde. Bibliothek geographischer Handbücher, herausgegeben von **F. Ratzel.** Stuttgart. Verlag von J. Engelhorn. 1885.

Rud. Wolf: Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. Zürich 1858—1862.

Rütimeyer, L.: Ein Blick auf die Geschichte der Gletscherstudien in der Schweiz. Seite 377—418 in: Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs. 16. Jahrgang 1880—1881. Bern. Verlag der Expedition des Jahrbuches des **S. A. C.** J. Dalpsche Buch- und Kunsthandlung. (K. Schmid.) 1881.

Forel: **Jean Pierre Perraudin** de Lourtier, précurseur glaciairiste, abgedruckt in: Eclogae geologicae Helvetiae. Recueil périodique de la société géologique suisse, publié par le président de la société **E. Renevier**, prof. Vol. VI. No. 2. Seite 169—176. Lausanne. Georges Bridel et Co. Editeurs. Janvier 1900.

Allgemeine Deutsche Biographie. XIII. Auf Veranlassung des Königs von Bayern herausgegeben durch die historische Kommission bei der K. Akademie der Wissenschaften. Leipzig 1881. S. 308 ff.

A. Boehm von Boehmersheim, Geschichte der Moränenkunde, Wien 1901. (Abhandlungen der K. K. Geographischen Gesellschaft in Wien, III. Band, No. 4.)

Anmerkung.

Nicht unerwähnt seien auch, wenngleich unserem Zwecke keineswegs dienlich, **F. J. Hugis**: **Grundzüge zu einer allgemeinen Naturansicht** für höhere Schulen und das gebildete Publikum, von denen der erste Band unter dem besonderen Titel:

„Die Erde als Organismus" in Solothurn bei Jent u. Gassmann, 1841, erschienen ist.

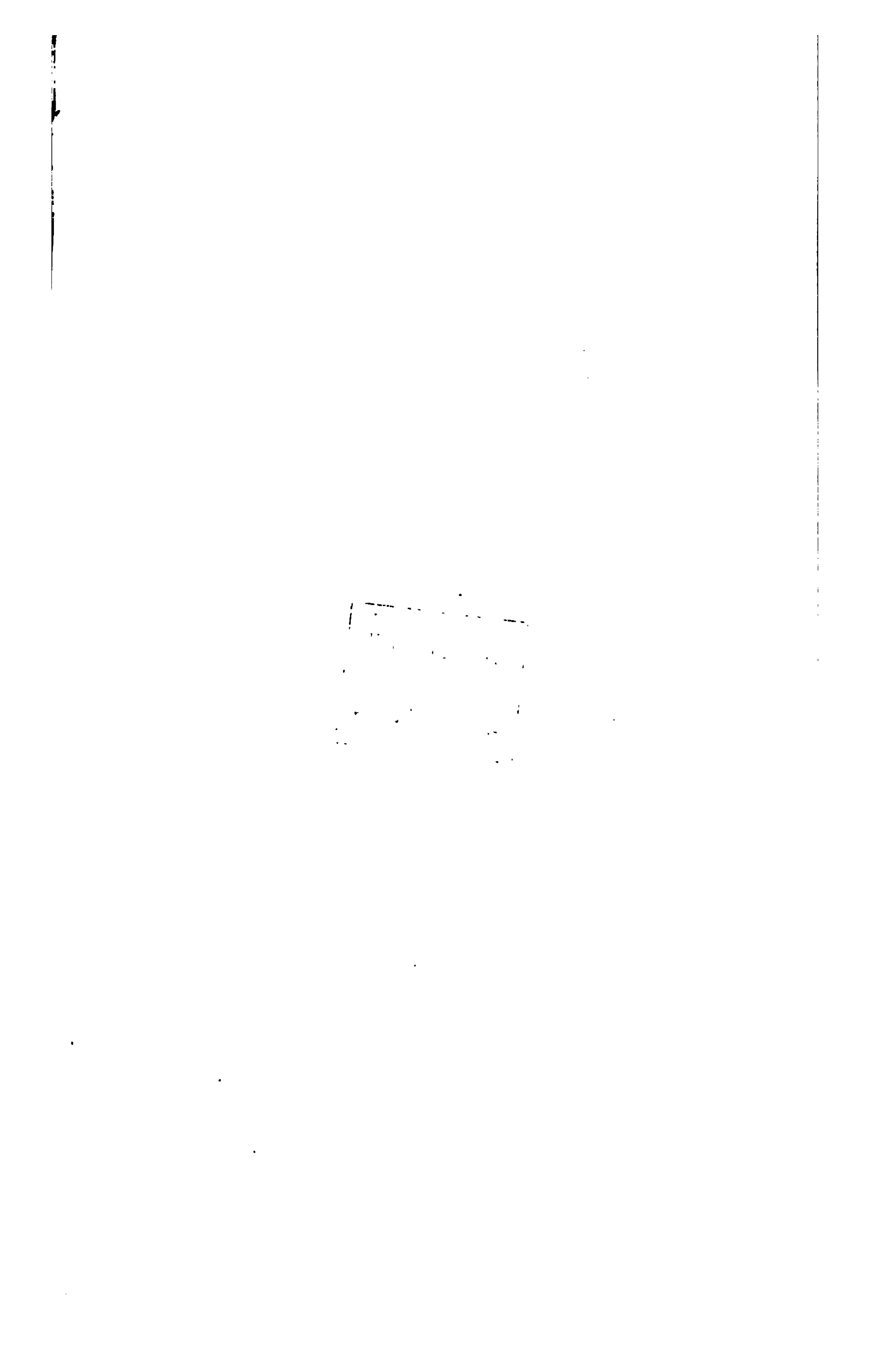
Darin sucht der Verfasser, wie **v. Gümbel** in der Allgemeinen Deutschen Biographie, Band 13, Seite 309, schreibt, die Auffassung einer gleichsam neu belebten und organisch sich entwickelnden Erde neu zu begründen. Vgl. hiezu auch das Seite 36 Gesagte.

Namenindex.*)

*) Der Name Hugi wurde, weil allzu häufig vorkommend, weggelassen.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
GE


TILDEN



Blasenberg. Gluringen.
Muth.
Hungerberg Gletscher.
Rochingen
Münster
Ulricher
Obergestelen
Oberwalden
In Wengen.
O B E R W A L
Jost Bach
Küh Thal
Trüzi Thal
Münsterthal Bach
Ober Alp
Rhone Gletscher
Mayenwand
Toten See
Grimsel
Kleine
Grosse Sidelhorn
Fürzihorn
Büchligletscher
Strahlhörner
Spit. Nollen
Aarboden
Ober Aar-Bach
Räterisboden
Bärenbühl
Zinkenberg
Oberaar-Gletscher
Gerstenhorn
Döltihorn
Nägeli Grätli
Vorder od. Unteraargletscher
Aplibach
Helle Platte
Handeck
Aelenbach
Gut-Annen
Sattel
Gelmerhörner
Stock
Finsteraar-Gletscher
Nachtlager
Lauteraarhorn
Finsteraarhorn
Oberaarhorn
Strahleck
Gauli Gletscher
Galili Stöcke
Maller Gen
Gewächten
im Boden
Tristen
Laubenstock
Schwottern
Aschenbalm
Enzen
Jlmenstedt
Kl. Schreckhorn
Mettenberg
Rothlauf
Steinhaus horn & Alp
Battenberg
Gadmen Wasser
Hasli Thal
Rosenlaui
Bad
Wetterhorn
Wellhorn
Im Grund
Burg
Kirchel
Schwarzwald Gletscher
Grindelwald Gletscher
Appingen
Resti
Reichenbach
Zwingi
Kaltrunnenhaus
Schwarzwald
Scheideck
Zwischenlach Thal
Meyringen
S
N

MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

HERAUSGEGEBEN

VON

SIEGMUND GÜNTHER.

DREIZEHNTES STÜCK:

DIE SCHWARZEN FLÜSSE SÜDAMERIKAS

VON

Dr. JOSEF REINDL.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1903.

DIE SCHWARZEN FLÜSSE SÜDAMERIKAS.

HYDROGRAPHISCHE STUDIE

AUF GEOLOGISCH-OROGRAPHISCHER, PHYSIKALISCHER UND BIOLOGISCHER GRUNDLAGE.

VON

Dr. JOSEF REINDL.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1903.

Vorwort.

Vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung einer Anregung meines hochverdienten Lehrers, des Herrn Prof. Dr. S. Günther in München. Sie will versuchen, das Material, das über die „schwarzen Flüsse Südamerikas“ zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Ländern veröffentlicht wurde, zu sammeln und übersichtlich zusammenzustellen. Dass dieser Versuch kein leichter war, ist ohne Weiteres klar, wenn man bedenkt, dass sich die wissenschaftlichen Ergebnisse über diese Frage vielfach widersprechen und dass dieselben in fast zahllosen, in den Sprachen der verschiedensten Zungen abgefassten Büchern und Abhandlungen zerstreut niedergelegt sind. Gleichwohl glaube ich hoffen zu dürfen, dass mein Versuch kein vollständig vergeblicher und dass die nachstehende Skizze nicht ganz ohne Wert für die Förderung der Kenntnis von einer der sonderbarsten geographischen Erscheinungen sein werde.



Seinem hochverehrten Lehrer

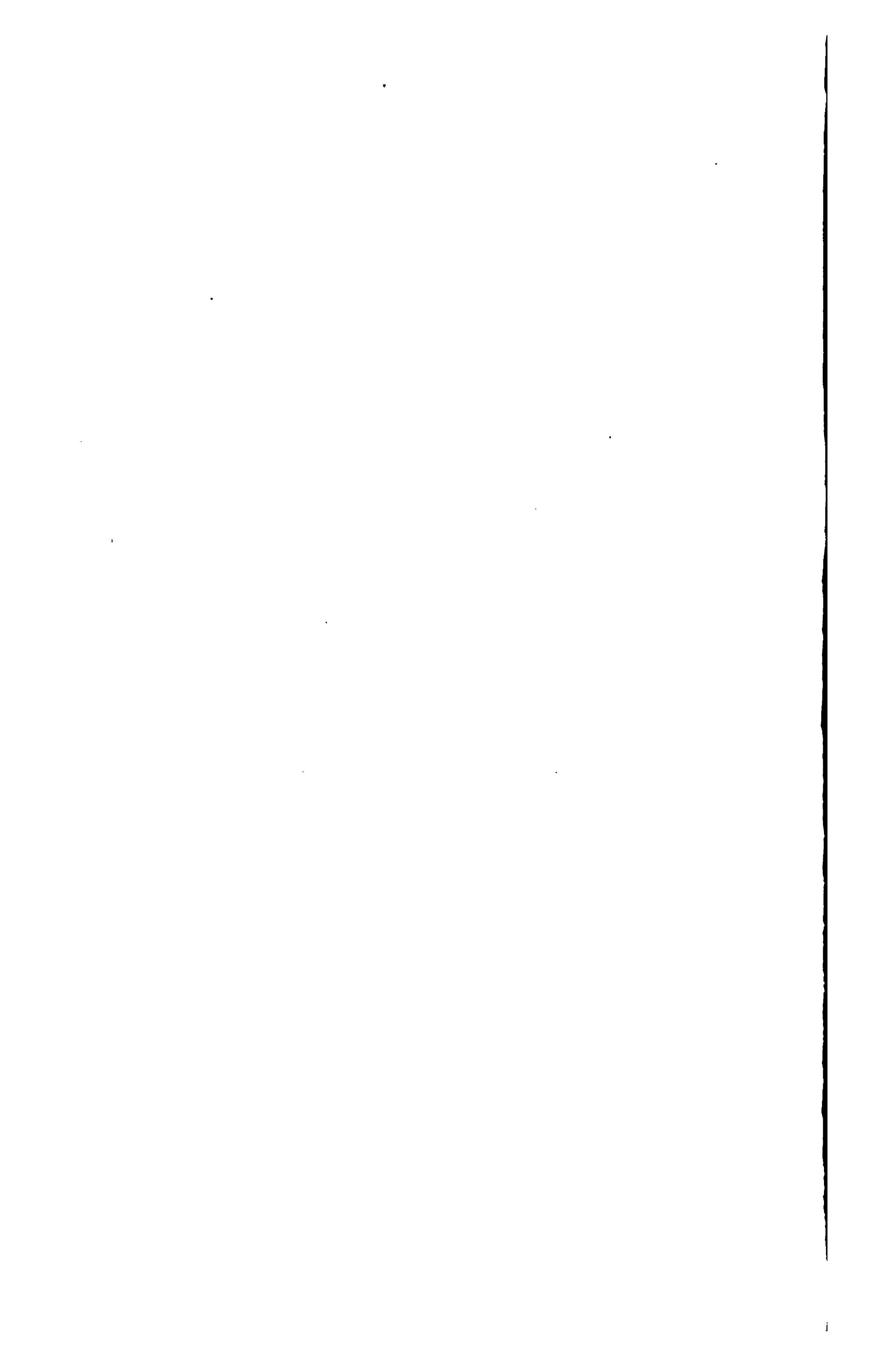
Herrn Dr. Siegmund Günther,

ordentlichem Professor an der technischen Hochschule in München,

in Ehrfurcht gewidmet

vom

Verfasser.



Inhalt.

Einleitung.

Die erste Kunde davon, dass auf dem südamerikanischen Kontinente Flüsse von „eigentümlich schwarzer Färbung" sich finden, brachte uns ein Spanier, Gonzalo Pizarro's Sendling, Orellana. Im Jahre 1540 fuhr derselbe als der erste Europäer den Amazonas hinab, kam bis an die Mündung des Rio Negro und beobachtete mit Staunen die fast schwarze Farbe dieses Flusses, die auch nach der Mündung in den Amazonenstrom noch stundenweit bemerkbar war.[1])

Indes, so interessant Orellana die merkwürdige Erscheinung fand, eine forschende Betrachtung hat er ihr nicht gewidmet. Auch aus den folgenden zwei Jahrhunderten sind uns eingehendere Nachrichten über dieses eigenartige geographische Phänomen nicht bekannt, und nur von Francisco Xavier Ribeiro de S. Payo wissen wir, dass er diese Frage im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts etwas berührte.[2]) Erst Alexander von Humboldt hat die Aufmerksamkeit und das Interesse wieder auf diese rätselhafte Erscheinung gelenkt.

---

[1]) Ruge, S.: Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen, Berlin 1881, S. 455 ff.; Oviedo, Hist. Gener., Madrid 1845, IV, lib. 49. [2]) „Es ist leicht zu begreifen", schreibt Ribeiro de S. Payo, „dass das dunkle Wasser des Rio Negro ihm seinen Namen gab. Obgleich die wahre Farbe des Wassers, wenn man es in ein Glas thut, weingelb ist, so erscheint es doch bei der grossen Tiefe des Flusses wie schwarze Tinte. Ob nun diese Farbe durch aufgelöste mineralische oder vegetabilische Substanzen entstehe, dies lasse man dahingestellt." (v. Eschwege, „Brasilien, die neue Welt in topographischer, geognostischer, bergmännischer etc. Hinsicht", Braunschweig 1830. II. Teil 3. Abschnitt S. 143.

Breitenparallele, aber die Quellwasser des Barima sind, obschon sie viel nördlicher liegen, doch noch eben so schwarz, als die des Takutu und Rupununi." [1])

Mit dem Jahre 1853,[2]) als die Amazonas-Dampfschifffahrt eröffnet wurde und dadurch auch die Erforschung des Amazonas und seiner gewaltigen Zuflüsse mehr ermöglicht war, wurde unsere Kenntnis über die grosse Ausdehnung der sogenannten Schwarzwasserflüsse noch bedeutend mehr gefördert. „Eine ganze Anzahl Amazonastributäre, wie z. B. der Tapajoz und verschiedene Puruszuflüsse", schreibt Ehrenreich,[3]) „zeigen in dicker Schicht tintenschwarze, in dünner hellbraune Färbung, die übrigens den Geschmack des Wassers durchaus nicht alteriert." Namentlich aber wurde durch die Reisen Bates', Chandless', Avé Lallemant's, welche zahlreiche andere Schwarzwasserflüsse entdeckten, unser Wissen über das Ausdehnungsgebiet dieser Gewässer auf dem südamerikanischen Kontinente bedeutend erweitert.

Die einzelnen Schwarzwasserflüsse werden wir jedoch erst später kennen lernen, ebenso ihre Erforscher. Es muss aber hiezu im voraus schon bemerkt werden, dass nur die dem Dampferverkehr zugänglichen genügend bekannt sind und dass wir von einer ganzen Anzahl selbst bedeutender Flüsse kaum mehr wissen als ihre Mündung.

Zuvor aber soll uns noch, da, wie Schichtel treffend sagt, „jedes Fluss-System die Funktion des Bodenreliefs und der Niederschlags-Verhältnisse ist",[4]) in den nächsten Abschnitten die Topographie, die Geologie und die Meteorologie dieser Flussgebiete beschäftigen.

A. Geographisch-geologische Situation.

Die schwarzen Ströme Südamerikas liegen mit kaum nennenswerten Ausnahmen auf der grossen „Brasilianischen Masse", die sich als eine alte geologische Bildung vom Orinoco-Apure im Norden bis zum Uruguay im Süden erstreckt.[5]) Seit der Faltung ihrer archäischen Grundgesteine hat diese gewaltige „Masse" keine Störung in der Lagerung ihrer Gesteinsschichten mehr erfahren, und selbst die devonischen und karbonischen Ablagerungen, also Formationsgruppen sehr hohen Alters, liegen ungestört über

---

[1]) Schomburgk Richard: II. Teil S. 102. [2]) Ehrenreich, (Verh. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin, B. 16 Jahrg. 1889 S. 156. [3]) Ebenda S. 160. [4]) Schichtel, „der Amazonenstrom", Strassburg 1893 S. 4. [5]) Suess, Eduard, „Das Antlitz der Erde," Prag und Leipzig 1883. ff.

dem stark gefalteten Grundgebirge. [1]) Doch da dieses grosse Gebiet topographisch in mehrere Teile zerfällt, so wollen wir, um Wiederholungen zu vermeiden, sogleich die einzelnen Glieder für sich behandeln.

I. Das Bergland von Brasilien.

Dieser Teil der „Brasilianischen Masse" liegt südlich des Amazonas und östlich des Madeira. Die vertikale Gliederung dieses Berglandes ist den hydrographischen Verhältnissen entsprechend eine höchst einfache. Das durch den Paraná, den Paraguay und die Amazonastributäre reich bewässerte Binnenland ist grösstenteils flach[2]) und nur allmählich erhebt sich dasselbe nach der Küste zu, um dort ein über 300000 □ km. umfassendes Küstengebirge zu bilden, das, obwohl je nach den einzelnen Gebirgskämmen verschiedenartig benannt, doch fast in allen seinen Teilen zusammenhängt und sich bei einer mittleren Höhe von 300—700 m von der Nordküste herab bis nach Uruguay hinein erstreckt. [3]) Der am Meere hinstreichende Gebirgsrücken ist in seiner grössten Ausdehnung unter dem Namen Serra Geral bekannt. [4]) In der Provinz Rio de Janeiro tritt derselbe in Verbindung mit der von Norden her kommenden Serra Espinhaço, welche in ihren südlichen Teilen auch Sera da Matiqueira genannt wird und den bedeutendsten Gebirgsrücken Brasiliens bildet, der sich in seinen höchsten Punkten fast bis zu 3000 m erhebt. [5]) Der Gipfel des Itatiaya erhebt sich z B. 2994, der Lapa 2650, der Picos de Sao Matheo 1880 und der Itacolumy 1750 m über das Meer.[6]) Der ganze Gebirgszug zeigt namentlich am Ostabhange landschaftlich herrliche Reize und ist dicht bewaldet. Da wir nun nicht näher auf die Topographie dieses Gebirgsrückens, der übrigens noch zu den besterforschten Teilen Brasiliens gehört, eingehen können, so weisen wir auf die einschlägigen Reiseberichte eines Tschudi,[7]) Spix und Martius,[8]) Beschoren,[9])

---

[1]) Vgl. z. B. die zusammenfassende Darstellung von Sievers, Wilh. „Amerika"; Leipzig und Wien 1894 S. 59. [2]) Vogel, P. „Reisen in Mato Grosso 1887/88"; Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1893 N. 4. S. 243. [3]) Vergl.: Kletke, Berlin 1857 S. 435 mit 438. [4]) Sievers, „Amerika", S. 63. [5]) Kletke, „Reise des Prinzen Adalbert von Preussen", Berlin 1857 S. 435 mit 458. [6]) Vergl. Petermann: Süd Amerika in 6 Blättern. Stieler's Hand-Atlas N 92. [7]) Tschudi „Reisen durch Brasilien". Leipzig 1889 2. Bd. [8]) Spix u. Martius, „Reise in Brasilien in den Jahren 1817 bis 1820. III. Bd., München 1823, 1828. [9]) Beschoren, „Beiträge zur näheren Kenntnis der brasilianischen Provinz São Pedro do Rio Grande do Sul", Pet. Ergänz.-Bd. 1889—90 N. 96.

Hettner,[1]) Lange,[2]) Breitenbach[3]) Avé-Lallemant,[4]) Prinz zu Wied-Neuwied[5]) etc. hin. Das Bergland des Innern, welches keinen hervorragend hohen Punkt aufweist, wird Serra dos Vertentes. d. h. Quellengebirge genannt, weil auf ihm die Wiegen vieler südlicher Nebenflüsse des Amazonas und vieler Zuflüsse des Paraguay und Paraná liegen.[6]) Es ist ein 450 m hohes Tafelland mit aufgesetzten Tafelbergen und tiefen Flusseinschnitten.[7]) Nach Norden, Westen und Süden fällt die Hochebene zum angrenzenden tieferem Gebiete in Stufen ab, welche die zahlreichen Wasserfälle erzeugen, durch die die Schiffahrt in das Innere beschwerlich gemacht, ja sogar oft verhindert wird.[8]) Im ganzen schneidet die Linie der Wasserfälle, entsprechend dem Stufenabfall des Tafellandes, im Norden den Tocantin in 3—4°, den Tapajoz in 4—5°, und den Madeira in 8—9° s. Breite.[9]) Von Süden aus erscheint das Gebiet als Gebirge mit zerklüfteten, steilen Gehängen und Wänden.[10]) Die Binnenplateaux (chapadas) sind entweder nur mit Steppengras bedeckt oder mit niedrigem Gehölz, sogenannten „Caatingas" bestanden.[11]) Dieselben sind überall kulturfähig und im ganzen gut bewässert; nur im Nordosten des Landes trifft man ausgedehnte wasserarme, mit dürren Wäldern bestandene Ebenen, sogenannte „sertões" welche sich nicht zur Kultur eignen und sich nur vorübergehend während der Regenzeit mit frischem Grün bedecken. Auffallend kontrastieren mit diesen die mit ewig grünem Urwald (mato virgem d. h. jungfräulicher Wald) bedeckten Thäler der zahlreichen Flüsse und Bäche und verleihen den sonst so öden, einförmigen Plateaux einige Abwechslung und einigen Reiz.[12])

Welche Formen die Denudation aus der kontinuierlichen Decke herausgearbeitet hat, zeigt die anschauliche Schilderung Ehrenreichs[13]) Er sagt: „Die Denudation hat die ursprüngliche Ebene in ein System übereinander gelagerter Terrassen verwandelt, deren Ränder, gemeinhin

---

[1]) Hettner, A., „Das südliche Brasilien", Zeitschr. der Ges. f. Erdk. zu Berlin 1891, S. 85. [2]) Lange, H., „Südbrasilien", 2. Auflage Leipzig 1888. [3]) Breitenbach, „Die Provinz Rio Grande do Sul" Sammlung von Vorträgen von Frommel u. Pfaff. [4]) 1. Ave-Lallemant, Reise durch Nord-Brasilien", 2. Bd. Leipzig 1860. 2. Avé-Lallemant, „Reise durch Süd-Brasilien," 2. Bd. Leipzig 1859. [5]) Neuwied, Frankfurt a. M. 1821. [6]) Sievers: „Amerika", S. 67 u. 68. [7]) Clauss, Pet Mittlg. 1886 S. 130: „Bericht über die Schingú-Expedition im Jahre 1884". (Mit Karte.) [8]) Vergl. Sievers, „Amerika" S. 67—71. [9]) Suess, „Antlitz der Erde" S 656. [10]) Sievers „Amerika" S. 68. [11]) Griesebach: „Die Vegetation der Erde S. 398. [12]) Sievers „Amerika" S. 201 u 202. [13]) Ehrenreich: Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin 1891, S. 171.

mit dem ganz unpassenden Namen von Serras (Bergzügen) belegt und demgemäss auf den neuesten Karten als solche dargestellt, bald in steilen zerklüfteten Wänden, bald in sanften Gehängenabfallen. Besonders auffällig zeigt sich die Denudationswirkung in der Abtrennung zahlreicher kleiner Plateaux von der Hauptmasse. Solche isolierte Erhebungen erscheinen teils als langgestreckte bastionartige Wälle, teils als mächtig aufragende, mittelalterlichen Burgen ähnliche Tafelberge. Sie umgeben entweder die Terrassenränder, namentlich den westlichen Hauptabfall zum Thal des Cuyaba, wie die vorgeschobenen Forts einer Festung, oder erheben sich völlig zusammenhanglos mitten auf der Hochebene selbst." Charakteristisch für das Plateau sind auch dessen Quellbecken. „Dieselben sind", schreibt Clauss,[1] „muschelförmig in das Tafelland eingesenkt; ihr grösster Durchmesser kann 20 km betragen. Die Ausflussmündung ist verhältnismässig eng, so dass das Becken allseitig umschlossen zu sein scheint; zu beiden Seiten der Öffnung fällt das Plateau steil ab, das übrige Gehänge ist rings sanft geneigt. Von diesem fliessen die Wasseradern zusammen und vereinigen sich zu 40—50 m breiten Flüssen. Dieselben durchschneiden dann das Plateau in 2–3 km breiten Erosionsthälern. Auf der Wasserscheide der dicht aneinander gereihten Becken stehen gewöhnlich Tafelberge, als Überreste einer allseitig arbeitenden Erosion. Die Höhe derselben beträgt ungefähr 80 m; sie sind wegen ihrer steilen Wände sehr schwer zu besteigen. Oben auf der horizontalen Fläche dieser Berge steht wieder der kümmerliche Plateauwald. Der Rundblick von der Höhe orientiert eigentlich nur über die beiden Nachbarbecken, auf deren Wasserscheide sich der Berg befindet." Herrliche und eingehende Berichte über die Topographie dieses Gebietes geben uns namentlich noch Vogel,[2] Karl von den Steinen,[3] Severino da Fonseca,[4] Castelnau[5] u. s. w.

Ebenso einfach, wie die Oberfläsche dieses Berglandes gestaltet ist, sind auch die geognostischen Verhältnisse, wenigstens soweit dieselben bisher bekannt geworden. Das ganze Küstengebirge, welches unter dem Namen einer Serra do Mar zusammengefasst wird, gehört der Urgebirgsformation an und ist gefaltet. Gneis, Granit und verschiedene Urschieferarten bilden die Grundlagen des Gesteins.[6] In der derselben Formation angehörenden Serra do Espinhaco, zumal an dem weiter oben genannten Berge Itacolumi in der Provinz Minas Geraes, tritt

---

[1]) Clauss: Pet. Mit. 1886. S. 131. [2]) Vogel, Zeitschr. der Ges. f. Erdk. z. Brl. Nr. 3 u. 4, Jhrg 1893. [3]) Steinen, K. v. den: „Durch Central-Brasilien", Leipzig 1886. [4]) Fonseca, „Viagem ao redor do Brazil"; Rio 1881. [5]) Expedition dans les parties centrales l'Amérique du Sud", Histoire du voyage. Paris 1850 Bd I. [6]) Fötterle, Pet. Mittlg. 1856 S. 189

dann auch ein elastisch biegsamer Glimmerschiefer auf, den man nach seinem Fundort Itacolumit genannt hat.[1]) Er kommt übrigens auch auf der Serra do Mar und in Verbindung mit Talk und Eisenglimmerschiefer oder Itabirit noch an vielen Stellen des binnenländischen Hochplateaus vor.[2]) Auch in Rio Grande do Sul ist nach Beschoren[3]) und Hettner[4]) das Küstengebirge noch die Fortsetzung der archäischen Sa do Mar; ja selbst in Uruguay treten die Ausläufer dieses alten Gebirgszuges noch zu Tage. Hettner schreibt:[5]) „Der südöstliche Teil von Rio Grande besteht, ebenso wie der grössere östliche Teil von Uruguay, wesentlich aus archäischen Gesteinen, Granit, Gneis, Glimmer, Hornblende, Chlorit, Thonschiefer und krystallinischem Kalk, die nur an vereinzelten Stellen von jüngeren Schichtgesteinen überlagert oder von Basalt durchbrochen werden. Die archäischen Gesteine mögen das letzte Ende des mittelbrasilianischen Faltengebirges bilden, welches hier aber seinen eigentlichen Gebirgscharakter ganz verloren hat. Ebenso wie dort an der Küste eigentliche archäische Gesteine beginnen und nach Westen etwas jüngere Schiefer folgen, so hat Sellow an den Ufern des La Plata eine ältere östliche und eine jüngere westliche Gesteinszone festgestellt.“[6])

Das Innere des Berglandes von Brasilien gehört nicht allein der Urgebirgsformation, sondern teilweise auch dem Uebergangsgebirge an, und zwar weniger der Gesteinsbeschaffenheit, als der Fossilien wegen, die daselbst gefunden werden.[7]) Unbestimmt aber ist es noch, welchen geologischen Zeitaltern die mächtigen Sandsteinablagerungen entsprechen, die sowohl im Norden, in den Provinzen Maranchão und Piauhy, als auch im mittleren Brasilien, in Mato Grosso und Goyaz und sogar im äussersten Süden auf grossen Flächen vorkommen. Dieselben enthalten keine Fossilien und lagern meist über Thonschiefer, der wieder selbst das Urgestein bedeckt.[8]) Die Meinungen über das Alter dieser Sandsteindecke gehen auseinander. Die Mehrzahl der Forscher, die den Sandstein des bras. Berglandes in der Natur schon gesehen, stellen ihn seines petrographischen Charakters wegen zum „old red“, wie v. Eschwege, v. Helmreichen, v. Castelnau. Bei dem Fort

---

[1]) „Physikalische und geologische Forschungen im Innern Brasiliens“ v. J. Chr. Heusser u. Claraz, Pet. Mittlg. 1859 S. 447 u. 453. [2]) Fötterle, „Die Geologie v. S. A.“ Pet. Mittlg. 1856 S. 190. [3]) Beschoren, „Rio Grande do Sul“ Pet. Erg.-Hft. 1889/90 Nr. 96. [4]) Hettner, „Das südl. Brasilien“. (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1891 S. 91.) [5]) Ebenda: S. 91. [6]) Siehe auch: „Burmeister's Reise in Uruguay“ 1856, Pet. Mittlg. 1857. [7]) Ammon, L. v., Devonische Versteinerungen aus Mato Grosso,“ Zeitschrft. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1893 Nr. 5 S. 352. [8]) Suess, Eduard, „Das Antlitz der Erde“ S. 657.

do Principe do Beira am Guapore trifft jedoch die Bestimmung d'Orbigny's von Kohlensandstein mit demselben zusammen; in der Provinz Piauhy und Maranhão, beschrieben von Spix und Martius, soll er jedoch zum Quadersandstein gehören. Demnach wird wohl der Sandstein auf dem bras. Berglande nicht überall gleichalterig sein, und schon die grosse Lücke zwischen der O.-Sandsteindecke (S. Franzisko-Tocantius) und der Westsandsteindecke (Mato Grosso und Goyaz) dürfte, sagt Schichtel,[1]) „eher eine Andeutung sein, dass wir es hier mit äusserlich ähnlichen, genetisch aber verschiedenen Bildungen zu thun haben."

Nach Süden fällt die Sandsteindecke steil zur Niederung des Guapore, des Paraguay und des Cuyaba ab. Dieser Plateau-Absturz bildet die Wasserscheide zwischen Tapajoz und Xingú einerseits und dem Guaporé- und Paraguay-System andererseits.[2]) Nach Westen zu geht die Sandsteinzone allmählig in die Madeira-Platte über; wie weit sie sich aber in der Richtung des Tapajoz und Xingú nach N. erstreckt, ist noch unbekannt, weil wir in dem ganzen weiten Gebiete zwischen Araquay im O. und dem Madeira im W. nur die Hauptflussläufe kennen, die sich schon sehr frühzeitig im Urgebirge bewegen. Der Tocantins-Araguay ist nach Castelnau und Ehrenreich schon unter 15½° S. B. in Gneis und kristallinische Schiefer, der Xingú unter 13½° S. B. nach Clauss, Vogel, von den Steinen in Granit der Arinos nach Chandless unter 11° 38′ S. B. ebenfalls in Granit und der Madeira nach Keller-Leutzinger unter 10° 58′ S. B. in Gneis eingebettet.

Wo das Urgebirge im Berglande von Brasilien nicht von der erwähnten Sandsteindecke überzogen ist, ist es meist von Diluvium bedeckt, das grösstenteils aus Verwitterungsprodukten der archäischen Gesteine besteht. Dieses angeschwemmte Gebirge ist die Fundstätte von Diamanten und Gold, auf deren Verbreitung und Ausbeute wir nicht näher eingehen können. Wir weisen deshalb auf die Werke von Eschwege,[3]) Helmreichen,[4]) Clemençon hin,[5]) die darüber in eingehender Weise Auskunft geben.

Am Nordrand des bras. Berglandes sind dem Urgebirge nach Norden einfallende Thoschiefer aufgelagert, deren Alter am Tocantins nach Castelnau devonisch sein soll. Da das Devon auch westlich von Monte Alegre auf der Südseite des Amazonas mitten aus den Alluvionen

[1]) Schichtel, „Der Amazonenstrom" S. 18. — Vergl. auch: Suess: „Das Antlitz der Erde"; S. 657. [2]) Clauss, Pet. Mittlg. 1866 S. 130. [3]) Eschwege, W. v., „Pluto Brasiliens". Berlin 1833; — „Brasilien, die neue Welt"; Braunschweig 1830, II. Tl. [4]) Helmreichen, v., „Ueber das geognostische Vorkommen der Diamanten etc. Weimar 1846. [5]) Clemençon, „Considerations abrégées sur la Geognosie du District des Diamants du Brasil", Lyon.

des genannten Stromes hervortritt, [1]) so dürfte diese Formation einst zusammengehangen haben mit der gleichen devonischen Bildung im Norden des Amazonas, die längs einer silurischen Zone dort gegen W. bis an den Uatuma, einen kleinen Fluss zwischen Trombetas und dem Rio Negro, hinstreicht. Auch Carbonablagerungen sind am Nordrande des bras. Berglandes gefunden worden, namentlich am Tapajos, und sie breiten sich nach Suess wahrscheinlich vom Tocantins bis zum Madeira aus. [2]) Da wir auf diese palaeozoischen Zonen später noch zurückkommen, so sehen wir von einer näheren Erörterung vorerst ab und betrachten nun zunächst die „brasilianische Masse“ im Norden des Amazonas.

II. Die „bras. Masse“ nördlich vom Amazonas.

Das ganze Gebiet am mittleren und oberen Rio Negro, am Atabapo und Cassiquiare ist nach Wallace ein breites Granitgebiet, das sich durch seine Söhligkeit (Horizontalität) auszeichnet [3]) Diese Ebenheit erklärt uns sofort die geringe Strömung und die zahlreichen Bifurkationen und Stromvermischungen der dortigen Gewässer. Von einer scharf ausgeprägten Wasserscheide zwischen Rio Negro- und Orinocosystem, wie sie Humboldt [4]) glaubte annehmen zu müssen, kann daher nicht die Rede sein, denn am oberen Ynirida, Guainia und Yaubes bilden nur gruppenweise Erhebungen die wasserscheidende Schwelle, während tiefe Thäler eine Vermischung der dortigen Gewässer, namentlich zur Regenzeit, bewerkstelligen. [5]) Höhenmessungen über einzelne Punkte in diesem Gebiete sind uns von Humboldt, Wallace, Montolieu etc. gegeben, [6]) allein dieselben sind so abweichend von einander, dass wir sie lieber nicht anführen, da sie mehr verwirren, als förderlich sind. Im grossen und ganzen erhebt sich das ganze erwähnte Gebiet nicht viel über 300 m über das Meer und nimmt von Westen nach Osten allmählig an Höhe zu. Zugleich wird es im Osten des Rio Negro von einer Sandsteindecke überlagert, wodurch die Landschaft ein ganz anderes Aussehen als am Guainia, Yaubes und Ynirida erhält Diese Sandsteindecke führt uns auch zugleich auf die Betrachtung des eigentlichen Berglandes von Guayana, das ebenfalls „das Mutterhaus“ zahlreicher schwarzer Ströme ist.

Schon die Serra Imeri und die Serra Tapiira peco, die westlichsten Ausläufer der Serra Parima, gehören nach den Ergebnissen der

[1]) Suess; „Antlitz der Erde“; S. 659 Bd. II. [2]) Ebenda S. 653
[3]) Wallace: „Travels on the Amazon and Rio Negro“ 421. ff S
[4]) Humbdt. etc.: „Ansichten d. Natur“. S. 27 [5]) Deutsche Rundschau, Heft 4, S. 176. [6]) Schichtel, „Der Amazonenstrom“ S. 21.

bras.-venez. Grenzkommission der Sandsteinformation Guayanas an.[1]) Lange, mit schwarzem Wald bedeckte Bergzüge von teils runden Formen, teils schroffen Felsen, bilden diese Gebirgslandschaft zwischen Orinoco- und Rio Negro-System.[2]) Vom Pacaraima-Gebirge schreibt Rich. Schomburgk,[3]) dass es ein kahler Gebirgszug sei, der von Westen nach Osten streiche und bis zu 600 m Höhe habe. Nach den Berichten der bras.-venez. Grenzkommission besteht es aus scheinbar regellos durcheinandergeworfenen Höhenzügen und hat in seinen höheren Teilen Savannen-Charakter.[4]) Coudreau bestätigt das.[5]) Östlich vom Rio Branco bis zum Essequibo liegt mit südlicher Streichrichtung die Sa. da Lua oder das Mondgebirge, „ein breiter Gebirgszug von starken Schluchten durchschnitten und in ebenso viele besondere Massive getrennt.“[6]) Diese erwähnten Höhenzüge bilden nun vom Rio Negro bis zum Essequibo die Hauptwasserscheide zwischen dem Amazonassystem im Süden und dem Orinoco- und Essequibosystem im Norden. Unterbrochen wird diese Wasserscheide nur zwischen dem Mahu und dem Rupununi, auf einem flachen Granitgebiet, wo zur Regenzeit eine Wassermischung zwischen diesen zwei letztgenannten Strömen stattfindet.[7]) Südlich der Hauptwasserscheide, zwischen Rio Negro im Westen und Trombetas im Osten bis zur Amazonasrinne im Süden, ist das Gebiet wenig erforscht. Nur einzelne Flussläufe sind bekannt, und diese meist nur oberflächlich. In geologischer Beziehung ist auch hier die Sandsteinformation vorherrschend, die dem Medina-Sandstein der Niagaragruppe in Nordamerika entsprechen und obersilurisch sein soll. Ausserdem kommt das Devon hier in beträchtlicher Entwickelung vor und zwar längs der genannten silurischen Zone gegen Westen bis zum Uatuma, einem kleinen Fluss zwischen dem Trombetas und dem Rio Negro.[8]) Das Gebiet nördlich der genannten Hauptwasserscheide wurde durch Brown,[9]) Thurn[10]) und Schomburgk[11]) bereist, gleichwohl aber kennt man auch dort nur die Flussläufe und darüber hinaus nur einige Routen. Auch hier lagert über dem alten Urgebirge die schon erwähnte Sandsteindecke, die Martin[12]) für cretacisch, gleichalterig mit den aufgefalteten cretacischen Sandsteinen der Cordillere von Merida

[1]) Zeitschrft. d. Gesellsch. f. Erdk. z. Brl. 1887 S. 3. [2]) Ebenda S. 3. [3]) Schomburgk, Rich.; „Reisen in Britisch-Guayana.“ Bd. I. S. 381; Bd. II S. 189. [4]) Zeitschrft. d. Gesellsch. f. Erdk. z. Brl. S. 4. [5]) La France équinoxiale Bd. II S. 7. [6]) Sievers „Amerika“ S. 74. [7]) Rich Schomburgk, Bd. I S. 393. [8]) Suess; „Das Antlitz d. Erde;“ S. 659. [9]) Proceedings of the R. G. S. of London; Vol. XV. No. 2. [10]) Thurn und Perkins; Proc. R. G. S. 1885 m. Karte. [11]) Rich. Schomburgk; „Reisen in Britisch-Guayana,“ II. Bd. Leipzig 1847. [12]) Martin; „Niederland.-Westindien“, Leiden 1888 Bd. II S. 208.

hält. Der Landschaftscharakter ist hier ebenfalls ziemlich gleichartig. „Am meisten“, schreibt Sievers,[1] „fällt der Wechsel weiter Thäler und in Tafelberge aufgelöster Höhenzüge auf, die auch noch dadurch einen Gegensatz in die Landschaft bringen, dass sie bewaldet sind, während die breiten Thalgründe meist von Savannen eingenommen werden, die dann wieder durch Waldstreifen längs der Flussufer unterbrochen sind. Auf den Savannen stehen nur vereinzelte Bäume, während kurzes Gras den Boden bedeckt, der stellenweise auch ganz von Vegetation entblösst ist. An anderen Stellen sind die Savannen mit den Bauten einer Termite in Form einer 2 m hohen Pyramide bedeckt. und hier und da weiden Heerden von Rindern und Pferden. In der Regenzeit bilden die Savannen weite Überschwemmungsgebiete, über die man von der Nordküste nach dem Amazonas gelangen kann. Wahrscheinlich ist dadurch die Mythe von dem grossen See Parima entstanden, in dessen Fluten sich der Dorado waschen sollte.“

Da im Westen des Essequibo die gewaltigen Sandsteinauflagerungen, welche im Osten davon noch nicht gefunden wurden, besonders hervortreten, so kann dieser Strom als eine geologische Scheidelinie gelten, die eine Zweiteilung Guayanas in dieser Beziehung bedingt. Aber auch in orographischer Hinsicht ist der Essequibo eine Scheidelinie. Er bildet die Grenze zwischen dem höheren venezolanischen Westen und dem niedrigeren, europäischen Nationen gehörenden Osten.

Wie oben erwähnt, fehlt im Osten des Essequibo die grosse Sandsteindecke und die alte archäische Masse tritt wieder zu Tage. Auch in diesem östlichen Teile ist die Hauptwasserscheide nach Süden verschoben, ja sie liegt sogar 3 Breitengrade dem Äquator näher, als die westliche. Sie beginnt als Sa. Acarai am Essequibo und zieht zuerst in nordöstlicher Richtung bis zu den Quellen des Corentyn.[2] Auf dieser Strecke ist sie einmal unterbrochen, indem im Quellgebiet des Trombetas zur Regenzeit eine Verbindung (Bifurkation) zwischen Essequibo und Trombetas möglich ist.[3] Nach Schomburgk[4] ist dieser Teil von geringer Höhe und dicht bewaldet. Östlich des Corentyn bildet die Wasserscheide das Tumac-Humac-Gebirge, das Crevaux[5] und Coudreau[6] zum Teil bereist haben. Dieser Gebirgszug besteht aus drei mehr oder minder mit einander und mit der Küste gleichlaufenden und deutlich nach Ostsüdost gerichteten Hauptketten, welche insgesammt etwa eine Länge von 300 km, eine Breite von

[1]) Sievers „Amerika“. S. 72. [2]) Siehe die Karte von „Britisch-Guayana“, Rich. Schomburgk. I. Tl. [3]) Coudreau, Bd. II S. 271 u. 290. [4]) Rich. Schomburgk, Bd. II S. 475. [5]) Crevaux, „voyages dans d'Amerique du Sud.“ Paris 1883. [6]) Coudreau, Bull. S. G. Paris 1891 S. 447 ff.

100 km und einen Flächenraum von 30 000 qkm haben. Die grösste (absolute) Höhe übersteigt nicht 800 m und steigt allmählig von Osten nach Westen an.[1] Nach Velain[2] ist es ein breiter Granitzug, der dicht bewaldet ist.

Südlich von dieser östlichen Hauptwasserscheide bis zum Amazonas-Alluvialland besteht das Gebiet aus flach-einfallenden Thonschiefern, Sandsteinen und Graniten.[3] Es sind dies dieselben geologischen Schichten, die wir auch südlich der westlichen Hauptwasserscheide zum Teil erwähnt haben und die also ununterbrochen fast bis zur atlantischen Küste reichen. Am Trombetas und an den kleinen Flüssen zwischen Trombetas und Paru fand Derby[4] auch fossilführende Schichten, die anscheinend den versteinerungslosen Schiefern, die Crevaux am Yary und Paru fand, aufgelagert sind. Selbst Carbonablagerungen fehlen hier nicht.[5] Diese streichen an der Nordseite des Amazonas gegen Osten wenigstens bis Prainha, erreichen bei Alemguer das Strombett selbst und erstrecken sich gegen Westen auch bis mindestens an den Uatuma.

Das Gebiet nördlich der östlichen Hauptwasserscheide senkt sich langsam zum Atlantischen Ozean. Sievers schreibt darüber: „Die inneren Teile von Französisch-Guayana liegen etwa 200—400 m hoch und stellen sich als ein ebenes Land mit zerstreuten Gipfeln dar, die 800 m nicht übersteigen, während die der Küste näheren Landschaften auch in ihren Spitzen 400 m nicht mehr erreichen und im Ganzen nur 100—200 m hoch liegen. Über das südliche Niederländisch-Guayana wissen wir nichts näheres, über den Südosten von Britisch-Guayana wenig, doch darf man annehmen, dass auch hier ein langsamer Abfall des Landes von der Wasserscheide nach den Atlantischen Ocean stattfindet.[6] Nach Joest jedoch ist der Übergang vom Hochland in das alluviale Küstengebiet in ganz Guayana ein ziemlich unvermittelter,[7] was auch schon daraus hervorgeht, dass wir bei allen mächtigen Flüssen dort, die im Hochland entspringen, um in nördlicher Richtung nach dem Atlantischen Ozean zu strömen, den Lauf in ziemlich gleicher

---

[1]) Deutsche Rundschau, Wien, Jahrgang 1894. S. 270. [2]) Esquisse, geol. de la Guyane francaise et des bassins du Parou et Jary, Bull. Soc. Geogr. 7. Ser. T. 6. 1885. S. 453. [3]) Crevaux, Voyages, S. 205. [4]) Derby, Contribution to the Geology of the lower Amazonas. American Philos. Soc. Vol. 18. 1878—1880. S. 155 ff. [5]) Suess „Antlitz der Erde". Bd. II S. 659. [6]) Sievers „Amerika". S. 74. [7]) Joest W.; „Guayana im Jahre 1890." (Verhandlg. d. Ges. für Erdk. z. Brl. Bd. 18 S. 391.)

Entfernung von der Küste durch Wasserfälle und Stromschnellen unterbrochen finden. Das Küstenland selbst liegt beinahe tiefer als die Niveaufläche des Meeres bei Hochflut und täglich sieht man hier, durch die 12 Stunden dauernde Flut hervorgerufen, die Ströme 15–20 Meilen stromaufwärts fliessen.[1]) Nach den Reiseberichten Schomburgk's, Kaplers und Joest's ist dieses Gebiet von Urwald und Savannen bedeckt und der ganze Verkehr ist dort auf den Wasserweg angewiesen. Das Materiel zu den mächtigen Anschwemmungen wurde grösstenteils durch die Küstenströmung von der Amazonasmündung hergetragen;[2]) allein auch die Ströme Guayanas liefern nach Joest, zumal zur Regenzeit, dem Meere ebenfalls ganz unberechenbar viel Erdmassen.[3]) Diese Sedimente wurden dem Golf von Darien zu abgelenkt,[4]) wodurch eine eigentümliche Küstenbildung entstand, die Supan als eine Ausgleichsküste bezeichnet.[5]) Ob diese Alluvialbildung an der Küste Guayanas immer noch wächst, muss durch eingehende Forschung erst noch festgestellt werden, zumal Joest an einzelnen Orten daselbst ein Zurückweichen des Festlandes zu bemerken glaubte;[6]) doch dürften diese einzelnen von Joest betrachteten Fälle vorerst mehr auf Sackung oder auf andere mechanischen Veränderungen, als auf säkulare Senkungen zurückzuführen sein.[7])

III. Die Amazonas-Niederung.

Treffend hat Derby[8]) das ungeheure Thal des Amazonas mit der Gestalt einer Flasche verglichen: Der Hals der Flasche ist die grosse Mulde, die zwischen dem Berglande von Brasilien und dem Hochlande von Guayana liegt; die Seitenwände werden gebildet durch die Bodenanschwellungen, die zwischen Amazonas- und Orinocosystem einerseits und ersterem und Paraguaysystem andererseits liegen; den Boden der Flasche endlich bilden die Ost-Cordilleren Peru's und Ecuador's. Von Westen nach Osten senkt sich diese gewaltige Niederung auf einer Strecke von 3000 km kaum 180 m,[9]) also nur ungefähr 0,04 m per km.

---

[1]) Hann, Klimatologie S. 368. [2]) Hermann Wagner, „Lehrbuch der Geographie," Hannover u. Leipzig 1900 S. 414. [3]) Joest, etc., Verhandlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. Bd. 18 S. 393. [4]) Sievers „Amerika", S. 45. [5]) Supan, Grundzüge der phys. Erdk. S. 578. [6]) a. a. O. S. 395 [7]) Sievers, „Amerika". S. 333. [8]) Derby, phys. Geogr. u. Geol. Brasiliens. [9]) Sievers, „Amerika"; S. 81.

Einige Höhenmessungen sind von W. nach Ost:

Ort	Spix u. Martius[1]	Orton[2]	Reiss u. Stübel[3]
	m	m	m
Pebas		105	
S. Antonio		78	
Loreto			44
Mündung d. Javary	205	77,6	56
S Paulo d. Olivenza	202		
Tocantins		42	
Fonte Boa	195		
Egas (Teffé)		30	46
Manaos	170	60	34
Serpa		48	
Obidos	136	34,8	20
Santarem	112	32,6	
Gurupa	82	11,6	

Bei den obigen Zahlenreihen fällt sofort die erhebliche Differenz zwischen den Messungen von Orton und Stübel-Reiss einerseits und den Beobachtungen von Spix und Martius andererseits auf, ferner bei den Messungen Ortons und Stübel-Reiss' die Zunahme der Höhenzahlen an verschiedenen Stellen mit fallendem Fluss. Schuld an diesen abweichenden Resultaten ist ohne Zweifel das habituelle Luftdruckminimum am oberen Amazonas, das schon Herndon bei seiner Thalfahrt konstatierte[4])

Bedeutender als der Abfall von W nach O. ist die Senkung der Amazonastiefebene vom Berglande von Guayana aus zur Stromrinne des Amazonas. Die Niederung fällt hier auf einer Strecke von ungefähr 600 km fast 150 m. Nach Coudreau[5]) liegt z. B. die Konfluenz der beiden Quellflüsse am oberen Trombetas 132 m, der Wasserfall Porteira 28 m und Oriximina 15 m über dem Meere. Weiter im Westen ist dagegen die Senkung von N. nach S. etwas geringer. Die Jaryhana-Fälle des Japura liegen nämlich 140 m, Pebas am Amazonas, fast unter dem gleichen Meridian, aber 250 km südlicher, 105 m hoch.[6]) Ebenso ist der südliche Teil der westlichen Amazonasniederung flacher als der östliche, von S. nach N. einfallende Muldenflügel. So beträgt

[1]) Spix u. Martius, Bd. III. Anhang S. 40. [2]) Amer. Journal II. Ser. Bd. 46. S. 203. [3]) Pet. Mittlg., 1887 p. 44. [4]) Herndon, Exploration of the Valley of the Amazon. Washington 1853–54. S. 261. [5]) Pet. Mittlg. 1900 S. 130. [6]) Stielersche Karte: „Süd-Amerika"; Blatt 90.

die Meereshöhe bei der Mündung des Aquiry in den Purus, 1772 km von der Mündung entfernt, 111 m,[1]) bei der Vereinigung des Purus mit dem Amazonas 58 m, am Tapajoz dagegen beim Cach. de Maranhao 173 m, bei Santarem 30 m.[2])

Auch von diesem gewaltigen Tieflande ist nicht viel mehr erforscht als die Ufergegenden der grösseren Flüsse. Urwälder breiten sich hier in einer Ausdehnung aus, wie sie in anderen Gegenden der Erde nicht mehr gefunden werden. Vom Fusse der Anden bis zum Rio Negro und Madeira bedeckt der Wald die ganze Niederung.[3]) Ebenfalls scheint er nach Osten sich ununterbrochen fortzusetzen bis zum Trombetas, wo dann ausgedehnte Campdistrikte die Oberherrschaft gewinnen. „Die Nähe der Campregion", schreibt Ehrenreich, „die hier den Urwald an verschiedenen Stellen durchbricht und nach Norden zu sich wahrscheinlich bis zu den Savannen des inneren Guayanas erstreckt, macht sich allenthalben im Osten bemerkbar. Inmitten der höchstämmigen Wälder erscheinen plötzlich weite Lichtungen mit der charakteristischen Campflora, den niedrigen, gewundenen, kronleuchterartig sich ausbreitenden Bäumchen mit weicher, dicker, rissiger Rinde, steifen, rauhen Blättern, dichten Hecken, stachelicher Bromelien, kleinen kugeligen Cacteen, Zwergpalmen und dürren Gräsern."[4]) Das ganze Gebiet zwischen Trombetas und Paru[5]) sowie ein grosser Teil der Inseln Marajon[6]) und Mexiana[7]) gehören diesen Camp-Regionen an. Auch Santarem liegt inmitten eines Camp-Distriktes.[8])

Die Ströme, die sich in dieser grossen Ebene bewegen, werfen sämtlich ihre Wassermasse dem Amazonas zu, der die Niederung von W. nach O. durchzieht. Sämtliche Flüsse tragen hier denselben Charakter eines in unzähligen Schlingen sich windenden Laufes und niederer, während eines grossen Teils des Jahres vom Hochwasser überfluteter Ufer. Namentlich für die Gewässer westlich vom Madeira und Rio Negro sind die fortwährenden Veränderungen des Stromlaufes charakteristisch. Ehrenreich schreibt hierüber:[9]) „Vom hohen Ufer der terra firma, dem Rest jenes alten Meeresbeckens, werden unge-

---

[1]) Schichtel: „Der Amazonenstrom". S. 90. [2]) Stielersche Karte: „Süd-Am."; Bl. 90 u. 91. [3]) Martius S. 1271, 1272. — Orton S. 393; — Bates S. 274; — Ehrenreich, (Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1890 S. 156.) — Deutsche Rundschau 17. Jhrg. 1895 S. 205. — Wallace, Journ. R. G. S. 1858. Bd. 23 S. 212. — Keller-Leuzinger, „Vom Amazonas u. Madeira;" S. 76—78. [4]) Ehrenreich, etc.; Verh. d. Ges. für Erdk. z. Brl. 1890 S. 159. [5]) Coudreau, „La France equinoxiale". Siehe Karte. [6]) Bates, S. 91. [7]) Wallace travels S. 86. [8]) Griesebach S. 379. — Ehrenreich, a. a O. S. 159 u. 160. [9]) Ehrenreich, a. a. O. S. 163.

heure Massen durch Unterspülung abgeschwemmt und geben an Biegungsstellen Material für mächtige Alluvialbildungen, die schliesslich die Ströme aus ihrer Bahn ablenken und zu neuen Volten nötigen. Es entsteht so ein labyrinthisches Kanalsystem, das die Flüsse in ihrem ganzen Laufe begleitet, die sogenannten Igarapés, die aber auch weit in die Terra firma eingreifen. Wird nach Bildung einer neuen Biegung der Eingang oder Ausgang einer alten verlegt, so bildet sich an ihrer Stelle eine bogenförmige Lagune, die durch kleine „Furos" mit dem Hauptflusse in Verbindung bleibt. Beiderseits wird ein solcher Fluss von einem ganzen System solcher Lagunen eingefasst, wie dies im kleinen Massstabe auch bei europäischen Flüssen, z. B. dem mittleren Rhein der Fall ist. Derselbe Prozess wiederholt sich bei den Nebenflüssen; es bilden sich Kommunikationen zwischen diesen und den Tributären des Parallelstromes, so dass schliesslich ein Fluss mit dem andern in Verbindung steht."

Die geologischen Verhältnisse dieser grossen Niederung sind heutzutage so ziemlich aufgeklärt. Schon bei der Betrachtung der Bergländer Brasiliens und Guayanas haben wir erwähnt, dass im östlichen Teile der Niederung sich paläozoische Formationen diesseits und jenseits des Amazonas dem Strome nähern. Nach Suess bilden diese paläozischen Ablagerungen eine symmetrische Mulde, deren Mitte die Carbonschichten einnehmen.[1] Eine Ueberflutung mag hier bis zur Kreidezeit dann nicht mehr stattgefunden haben; denn bis zur cretacischen Formation besteht hier eine ausserordentliche Lücke in den Sedimenten. Zur Kreidezeit aber war die ganze Amazonasniederung (auch die Niederung westlich der paläozoischen Mulde, wo ältere Formationsglieder als Kreide nicht zu Tage treten) von einem gemeinsamen Kreidemeer überflutet. Es ist ein grober Sandstein, der hier überall abgelagert wurde und in der Nähe von Erevé bis M. Alegre,[2] an den Flüssen Maué-assu, Abacaxis und Canuma,[3] am Madeira, Aquiri und oberen Purus,[4] unterhalb Tunantins am mittleren Amazonas[5] und am „Marona Rock", unterhalb der Mündung des Rio Negro[6] zu Tage tritt. Auch tertiäre Sandsteine sind in der grossen Niederung gefunden worden, jedoch nur an einzelnen Orten. Sie scheinen nicht gleichmässig über die ganze Niederung verbreitet zu sein.[7]

Ueber die Agassiz'sche Hypothese,[8] dass in der Quartärzeit das grosse Thal eine ungeheuere Glazial-Zeit aufzuweisen hatte, dürfen

[1]) Suess, „Das Antlitz der Erde"; S. 659. [2]) Suess etc.; S. 638. [3]) Chandless. Journ. R. G. S. 1870 S. 421. [4]) Jour. R. G. S. Bd. 36 Jahrg. 1866. — Pet. Mittlg. 1867 S. 262. [5]) Bates, „Der Naturforscher" etc." S. 391. [6]) Amazon River, Blatt 6. Hydrographical Office. Washington 1890. [7]) Suess, „Antlitz der Erde"; S. 660. [8]) L. Agassiz, A. Journey in Brazil, Boston 1875 S. 398 ff.

wir hinweggehen, da sie bereits durch die Untersuchungen von Hartt,[1] Keller-Leuzinger,[2] Barrington Brown[3]) u. A. widerlegt ist. Auch die Orton'sche[4]) Annahme der Existenz eines ruhigen Binnensees zu dieser Zeit ist schon veraltet und bedarf keiner eingehenden Erörterung mehr. Dagegen ist eine positive Strandverschiebung, eine Senkung der Schichten in der Quartärzeit, wie die amerikanischen Geologen sie annehmen,[5]) wonach das Meer in die paläozoische Mulde eintrat und durch seine Tidenströme die Mündungen der in diese Mulde eingehenden Flüsse erweiterte, worauf dann gleichzeitig von W. her eine Zuschüttung des Meeresarmes durch die Sedimente des vorhandenen Hauptstromes erfolgte, nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen. Wenigstens für das Gebiet des unteren Amazonas werden die Anschauungen dieser Geologen den dortigen Erscheinungen gerecht,[6]) aber für das ungeheure Flachland westlich der paläozoischen Mulde dürfte die Hypothese nicht annehmbar sein, denn hier haben sich der Amazonas und seine Nebenflüsse in tertiäre Thone eingegraben, deren Lagerungsverhältnisse beweisen, dass sie nicht aus fliessendem Wasser abgesetzt sind. Hartt[7]) und Brown[8]) gaben wohl die richtigste Erklärung über die geologischen Verhältnisse des Amazonasthales seit der Kreidezeit. Ausser dem schon erwähnten tertiären Sandstein wurden nach Hartt und Brown auch blaue Thone abgelagert, die fossilführend sind und durch ihre normale, meist horizontale Lagerung auf Absatz an einem ruhigen Wasser, in das zahlreiche Ströme mit viel vegetabilischem Material mündeten (häufige Lignit-Streifen zwischen den Thonschichten), hinweisen. Brown glaubt, die Thone könnten die obersten Glieder einer Schichtreihe sein, die in ähnlicher Weise, wie die Schichten unserer Deltas, abgelagert wurde (die Fossilien sind Süss- und Brackwasser-Mollusken). Neben diesen blauen Thonen liegen nun — aber scharf von ihnen durch unregelmässige (falsche) Schichtung, die auf Ablagerung aus fliessendem Wasser hinweist, getrennt — die

[1]) Hartt, American Journal of Science, 3 Ser. Vol. 4 S. 53.
[2]) Keller-Leuzinger, „Vom Amazonas u. Madeira," S. 38 u. 39.
[3]) Barrington Brown, „On the tertiary" Deposits-on the Solimoes and Javary" River, Quart. Journal. Geol. Soc. London. Vol. 35. 1879 S. 76.
[4]) The Andes and the Amazon, 3. Aufl. New-York 1876 S. 551.
[5]) Smith, Brazil, Brooklyn 1879, Appendix. — Derby, Proc. American philos. Soc. Philadelphia Vol. 18. 1878—80. [6]) Ihre Anschauung stützt sich auf den Umstand, dass die sedimentarmen Nebenflüsse des Amazonas innerhalb der paläoz. Mulde weite Mündungen haben, die in keinem Verhältnis stehen zu ihrer Wassermasse. [7]) Hartt, American Journal of Science, 3. Ser. Vol. 4. S. 53.[8]) Barrington Brown, „On the tertiary" Deposits on the Solimoes and Javary River, Quart. Journal. Geol. Soc. London. Vol. 35. 1879 S. 76.

bunten Thone, welche ununterbrochen von den Anden bis zum Atl. Ozean streichen. Ueber diesen Thonen folgen dann endlich jüngere Flussablagerungen des Amazonas, wie Sande, feine Thone etc., eine Bildung, die dem Laterit Afrikas ähnlich zu sein scheint. Namentlich in der grossen Amazonasdepression westlich des Rio Negro und Madeira ist die letztere Bildung ausgeprägt. „Ein anstehender Stein ist dort," sagt Ehrenreich,[1]) „eine Naturmerkwürdigkeit." „Der von den Anden heimkehrende Bewohner dieses Flachlandes beladet" nach Pöppig[2]) „seinen Kahn mit dem festen Gestein des Gebirges, das zum Schleifen von Werkzeugen und zum Mahlen von Mais bis zur brasilianischen Grenze verführt wird."

B. Klimatologisches.

Während wir aus dem Innern Afrikas ganzjährige meteorologische Aufzeichnungen besitzen, ist dies vom Innern Südamerikas nicht in gleicher Weise der Fall, obgleich dasselbe civilisierten Staaten angehört. Wir sind deshalb auf die Berichte der Reisenden angewiesen, wenn wir uns von den dortigen Wind- und Regenverhältnissen eine Vorstellung machen wollen. Da aber diese Berichte grösstenteils nur auf vorübergehend angestellten Beobachtungen und Messungen beruhen, so ist ohne Weiteres klar, dass unsere meteorologischen Kenntnisse über diese Gebiete noch auf ziemlich schwachen Unterlagen beruhen.

Das betrachtete Gebiet gehört nach der Einteilung der Erde in Klimaprovinzen von Köppen,[3]) die vorzugsweise auf die Vegatation Rücksicht nimmt, dem Lianen- und dem Baobabklima an, einzelne Theile auch dem Camellien und Hochsavannenklima. Das Lianenklima, das eigentliche Urwaldklima, ist hauptsächlich in der gangen Amazonasniederung und auf der Seeseite der Sierra do Mar bis zum Wendekreis des Steinbocks ausgeprägt. Die jährliche Regenmenge ist hier sehr gross, eine Trockenzeit fehlt oder sie

[1]) Ehrenreich, Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1890 S. 159. [2]) Pöppig, Reisen in Chile, Peru u. auf dem Amazonas, Leipzig 1831 S. 340. [3]) Köppen, Versuch einer Klassifikation der Klimate vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt." Leipzig 1901 S. 23 bis 29.

ist doch höchstens nur 2 Monate lang. Ebenso fehlt eine Jahresschwankung der Temperatur fast ganz. Der Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat beträgt nur 1 bis 6° C., wie uns Hann in seiner Tabelle „Temperaturmittel für Guayana und Brasilien" zeigt.[1]) Hochstämmige Urwälder von höchst mannigfaltiger Zusammensetzung, von Lianen und Epiphyten durchweht, kennzeichnen diesen ungeheuren Bezirk. Ein anderer Theil unseres Gebietes weist das Baobabklima, das typische Savannenklima, auf, das namentlich auf dem bras. Bergland südlich vom Amazonas bis zum 24 s. B. in seiner westlichen, und bis zur San Franciscoquelle in seiner östlichen Ausdehnung dominiert. Auch in Venezuela und in Britisch-Guayana herrscht dieses Klima vor. Der Temperaturunterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat ist hier meistens grösser, der Regenfall erreicht nicht mehr 2000 mm und eine ausgesprochene Trockenheit stellt sich ein. Savannen (Campos) und lichte Wälder, die in der Trockenzeit ihr Laub abwerfen (Caatingas), bestimmen den Landschaftscharakter. Nur in den grossen Flussthälern finden sich Urwälder, die mehr den Typus der Lianenregion haben und als regelrechte Galeriewälder uns entgegentreten.

Südlich von der Baobabklimaprovinz folgt in Brasilien das Gebiet des Camellienklimas. Die tiefste Monatstemperatur erreicht hier noch nicht 2° C. Immergrüne Macquis und fruchtbare Matésträucher herrschen hier vor. Die Niederschläge fallen ziemlich reich zu allen Jahreszeiten.

In Parzellen tritt das Hochsavannenklima im oberen Rio-Negrogebiet einerseits und auf einem kleinen Teile der Sierra do Mar vom 20 bis 23½° s. B. andererseits auf. Ausgesprochene Trockenheit im Winter und Frühling, häufige und heftige Regengüsse im Hochsommer sind charakteristisch. Die Blütezeit der Pflanzen fällt in den Spätsommer.

Was die regelmässigen Temperaturmessungen in den eben besprochenen Regionen betrifft, so sind dieselben noch äusserst spärlich

[1]) Hann, Handbuch der Klimatologie. 1897. II. Bd. S. 349–383.

und beschränken sich fast nur auf die Küstengebiete. Nur von einigen wenigen Orten des Innern, wie von Iquitos, Manaos, Cuyaba und Santarem liegen auch ganzjährige Beobachtungen vor. Die Resultate hierüber hat bereits Hann in klassischer Weise kritisch verarbeitet und in seinem Handbuch der Klimatologie niedergelegt. Die mittlere Jahrestemperatur scheint darnach fast nirgends über 26½° merklich hinauszugehen und der jährliche Wärmegang ist überall ziemlich gleich. Nur im äussersten Nordosten fällt die niedrigste Temperatur noch auf den nördlichen Winter, auf Januar und Februar, das Maximum aber in die Trockenzeit, auf September und Oktober. Ferner treten vom 8° S. B. an der südliche Sommer und Winter in ihre Rechte ein, indem die wärmsten Monate hier Dezember bis Februar, die kältesten Juni und Juli sind.

Auch die Jahresschwankung der Temperatur ist im ganzen tropischen Teile Südamerikas nicht erheblich, selbst im Innern gegen den Wendekreis des Steinbocks hin beträgt sie nur 8—9°. Nur die mittleren Jahresminima auf den Hochflächen Südbrasiliens sind nach Hann ziemlich schwankend, während aber die Maxima fast konstant bleiben. Selbstverständlich zeigt die Küstenlandschaft etwas grössere Abweichungen bezüglich der Jahresschwankungen der Temperatur, die sich im südlichsten Teile Brasiliens, wie Hanns Tabelle zeigt, sogar bis zu 30° Differenz erhöhen können.

Unregelmässiger als diese Temperaturverhältnisse sind aber die dortigen Wind- und Niederschlagsverhältnisse, die wir infolgedessen auch einer eingehenderen Betrachtung unterziehen wollen. Betrachten wir nun zuerst die Wind-, dann die Niederschlagsverhältnisse.

I. Winde.

Das Gebiet, in dem sich die schwarzen Flüsse Südamerikas befinden, liegt grösstenteils in den Tropen, wo die Winde abhängig sind von den über den Weltmeeren ruhenden Hochdruckgebieten, aus welchen die Passate wehen, deren Wandern mit dem Sonnenstande dann noch den Grund zur Veränderung der Jahreszeiten gibt. Zwischen beiden Passatzonen liegt der Gürtel der Windstillen mit Regen zu allen Jahreszeiten. Wenn die Sonne am weitesten nördlich steht, so bemerken wir den Nordostpassat auf den Antillen, an der Küste von Venezuela und Centralamerika sowie auch noch in Guayana, während er über die Küsten hinaus in das Innere des Kontinents nicht zu dringen vermag. Dagegen überweht dann der Südostpassat von Brasilien her einen

grossen Teil Südamerikas bis zu den Anden und erreicht sogar noch die Llanos und den Rand der Gebirge von Venezuela, so dass hier im Juni und Juli eine Unterbrechung der Regenzeit eintritt. Wendet sich die Sonne südwärts, so gewinnt in dieser Richtung das Gebiet des Nordostpassats an Ausdehnung, während der Südostpassat zurückweicht. Der Nordostpassat überweht dann im Januar den ganzen Norden bis gegen den Amazonas, während der Südostpassat sich auf die Küsten Südbrasiliens beschränkt und im Innern Platz für die veränderlichen Winde der Kalmenregion lässt.

Da nicht allein die geographische Breite, sondern auch die Bodengestaltung von wichtigem Einflusse auf die Windrichtung ist, so treffen die eben erwähnten Regeln nur der Hauptsache nach zu und es können sich daher Verhältnisse zeigen, die ganz verschieden, ja oft entgegengesetzt sind von dem, was wir allgemein sagten. Betrachten wir die einzelnen Gebiete für sich.

Im Küstengebiet Guayanas weht nach Kappler[1]) der Wind beständig aus Osten; „in den ersten Monaten des Jahres hat er eine mehr nördliche, in den grossen Regenzeiten eine mehr südliche Richtung. In der Trockenzeit herrscht meist Windstille bis gegen Nachmittag, wo die Seebrise sich erhebt, die Hitze schnell mässigt und bis 9 Uhr oder 11 Uhr abends anhält. Westliche Winde sind äusserst selten und halten nie länger als einige Stunden an. Orkane kommen nicht vor.“

Auch im Innern Guayanas ist die Wirkung des Passats noch stark zu verspüren.[2]) Unter dem Namen „Savannenwind“ zeigt er hier seine Herrschaft. Schomburgk schreibt darüber:[3]) „Schon mochten wir einige Stunden gefahren sein, als uns plötzlich durch die drückende Schwüle ein kühler Windzug entgegen wehte, den die Indianer als den erfrischenden Savannenwind willkommen hiessen. Dieser ungemein heftige Wind ist im Innern ganz das, was an der Küste die kühle Seeluft ist, da er, wie jene, täglich aufspringt. Gewöhnlich erhebt er sich abends acht als sanfter kühler Nordost, der gegen Mitternacht seine grösste Stärke erreicht, wo er gleich einer Windsbraut über die Savanne hinfegt, dann gegen Tagesanbruch allmählig abnimmt und mit der aufgehenden Sonne plötzlich nach Ost umspringt.“ Besonders häufig sind ausser diesen Savannenwinden im Innern, namentlich am

---

[1]) Hann, Klimatologie Bd II S. 358. [2]) Rich. Schomburgk, Bd. I S. 282. [3]) Ebenda S. 353.

Rupununi, Mahu, Takutu etc. auch die eigentümlichen Wirbelwinde, die plötzlich entstehen und über die Savanne ziehen. „Plötzlich sieht man, wie von einem Punkte aus der Staub und die Blätter der Sträuche u. s. w. ziemlich in horizontaler Richtung in schneckenförmiger Linie eine Strecke über die Ebene hingetrieben werden, bis sich der Anfang immer mehr hebt und bald als spirale Säule einen Augenblick über der Savanne steht und dann über diese hinjagt, wobei sie gegen die Erde hin immer durchsichtiger wird, sich dann in der Mitte scheidet und spurlos verschwindet".[1])

Am oberen Rio Negro und im Gebiete der Bifurkation des Orinoco und Amazonas ist der Passat nicht mehr zu spüren, während er etwas nördlich davon, in den Llanos des Orinoco, noch frei über die ausgedehnten Savannen streicht.[2])

Eigenartige Verhältnisse findet man im Amazonasthal. Während man erwarten sollte, dass hier die Windstille des Kalmengürtels ausgeprägt wäre, fehlt diese Erscheinung ganz. Vielmehr vereinigen sich hier die nördlichen und südlichen Passate zu einer mittleren, genau östlichen Windesrichtung und verbreiten die verhältnismässig frische Kühle des Meeres in das Innere, indem sie zugleich dem Klima des Hauptthalweges eine seltene „Salubrität" verbürgen.[3]) „Bei Santarem" schreibt Bates, „herrscht 5 bis 6 Monate des Jahres mit wenigen Unterbrechungen der Ostwind, — der amazonische Handelswind."[4] Auch in Villa Bella lässt ihn derselbe Forscher noch heftig wehen dagegen soll er zu Manaos nicht mehr zu spüren sein.[5]) Schon Griesebach betrachtete als Ursache dieses Ostwindes das Wärmecentrum in den weiten Ebenen des oberen Amazonas. „Dort werden", schreibt er,[6]) „nur unregelmässig wechselnde Luftströmungen und häufige Windstillen beobachtet, wie in dem Kalmengürtel des Meeres. In diesem Abschnitte des Stromlaufes, wo derselbe den Namen Solimoes führt, ist der Wald am ausgedehntesten und undurchdringlichsten, von Savannen nirgends unterbrochen; das ganze Jahr hindurch fallen die Niederschläge, der menschliche Organismus wird durch die Wärme und Feuchtigkeit der Luft berührt, als befände er sich in einem beständigen Dampfbade. Hier liegen die höchsten Isothermen (20° R) in der Nähe des Äquators, die erst ostwärts zu den offenen Campos Brasiliens in südlicher Breite übergehen. Diesem inneren Wärmecentrum ist es zuzuschreiben, dass am unteren Amazonas ein immerwährender Ostwind herrscht, welcher den Wasserdampf des Atlantischen Meeres beständig erneuert und dem Festlande zuführt."

---

[1]) Rich. Schomburgk Bd. II S. 7. [2]) Griesebach S. 361. [3]) Griesebach S. 378. [4]) Bates S. 127. [5]) Bates S. 156. [6]) Griesebach S. 378.

Ob Griesebach recht hat? Schon Martius berichtet, dass zwischen Manaos und Egas noch sehr starker Ostwind zu spüren sei. „Wir waren froh", schreibt er, „mit Anbruch des Tages durch den Ostwind begünstigt zu werden, welcher den ganzen Tag anhaltend uns an der langen Sandinsel Praya do Perquito vorüber, gegen Abend auf die Praya de Goajaratuva brachte."[1]) Desgleichen beobachtete Brown zwischen Manaos und der Javary Mündung die gleiche Windrichtung,[2]) und Galt,[3]) Rimbach,[4]) Herndon[5]) fanden sie im oberen Amazonasthal. Da ferner die ganze Ostseite der Anden nach den Reiseberichten Monniers,[6]) Hettners[7]) u. A. auf eine ausserordentliche wasserdampfreiche östliche Windströmung hinweist, die aber nichts anderes sein kann als der Passat, so dürfte die Erklärung Griesebachs für den O.-Wind am unteren Amazonas, als entstanden durch Aspiration des genannten Wärmecentrums am oberen Amazonas, wenigstens nicht allgemein gültig sein und der O.-Wind am unteren Amazonas dürfte z. B. nichts anderes sein als der gewöhnliche S.-O.-Passat, der nach O. abgelenkt ist, weil er aus höheren in niedere Breiten kommt.

Wie liegen nun die Windverhältnisse in dem von uns zu betrachtenden Gebiete südlich des Amazonas? Da uns von den dunklen Zuflüssen des Purus und Madeira keine derartigen Angaben vorliegen, so müssen wir uns an die Angaben halten, die darüber bei den Hauptströmen oder deren grösseren Weisswasserzuflüssen vorhanden sind und die im allgemeinen auch hier zutreffend und passend sein dürften. Am Purus und Aquiry herrschen nach Chandless in der Trockenzeit (Juni bis September) abwechselnd warme Winde von N.-W. mit hellem Wetter und kühle von S.-O. und O.-S.-O., welche stets von starken Regen begleitet sind und dadurch grosse, aber schnell sich verlaufende Überschwemmungen hervorrufen.[8]) Ausserdem tritt nach Ehrenreich[9]) am Purus gegen Ende der Regenzeit häufig eine oft mehrere Tage anhaltende sogenannte

[1]) Spix u. Martius S. 1137, 1144. [2]) Brown and Lidstone a. a. O. p. 449, 489. [3]) Galt. Iquitos. Proc. R. G. S. 1873. Bd. 17 S. 138. [4]) Rimbach: „Reise im Gebiet des oberen Amazonas". (Zeitschr. d. G. f. Erdk. z. Brl. 1895 S. 387. [5]) Herndon, Exploration of the Valley of the Amazon, Washington 1853—54 S. 194. [6]) Monnier, Bull. S. G. 1889 S. 548. [7]) Hettner, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1889 S. 392. [8]) Chandless, Journ. R. G. S. Bd. 36 S. 108 u. 122. [9]) Ehrenreich, „Verhdlg d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1890 S. 108."

„Friagem“ ein, ähnlich wie in Mato Grosso, mit heftigem Südwestwind, Nebel und starker Temperaturerniedrigung bis auf 15° Celsius, eine Erscheinung, welche durch kalte Luftströmungen von den Cordilleren herbeigeführt wird, wenn nach andauernder Hitze die feuchtheisse Tieflandsluft in die Höhe steigt. Auf der Madeira-Platte sind ebenfalls zur Trockenzeit (Juni und September), wie am Purus, abwechselnd warme Winde von N.-W. und kühle von S.-O. vorherrschend. „Die beiden Windrichtungen“, schreibt Gibbon,[1]) „scheinen in fortwährendem Kampfe miteinander; manchmal weht es genau drei Tage von S.-O. und dann ebenso lang von N.-W.; das ist so häufig der Fall, dass die Einwohner sagen, wenn der Wind aus einer Richtung begonnen hat, erwarten sie ihn drei Tage lang aus derselben.“ Am unteren Abacaxis beobachtete Chandless[2]) meistens den N.-O. oder O.-N.-O., der die Richtung des Flussthales verfolgte. Da diesen Wind auch Bates am Tapajoz[3]) und die Xingu-Expedition bei ihrer Thalfahrt auf dem Xingu beobachteten, so ist anzunehmen, dass er nichts anderes ist als der O.-Passat des Amazonenthales, der in die weiten Thäler der südlichen Amazonasnebenflüsse aufsteigt und hier als N.-Wind sich zeigt.

Am mittleren Tapajoz und im Quellgebiete dieses Flusses sind die Windverhältnisse von Mato Grosso massgebend. Die meteorologische Tafel, die Vogel seinem Reisebericht: „Reisen in Mato Grosso 1887/88“ nach genauen Beobachtungen zu Cuyaba beigegeben,[4]) sagt, dass die N.-W.-Winde während der Regenzeit, die Südwinde während der Trockenzeit ihre grösste Häufigkeit haben. Weitaus überwiegend sind die Nord- und N.-West-Winde. Die zu erwarteten S.-O.-Winde treten nur in den Monaten Dezember bis April etwas häufiger auf. Ähnliche Beobachtungen machte auch Clauss bei seiner Xingu-Expedition.[5]) Er schreibt: „Die Nächte auf dem Plateau waren immer klar. Mittags wurde der Horizont rings von mächtigen Cumuli umsäumt. Ebenso herrschte in den Nächten, sowie abends und morgens, gewöhnlich vollkommene Windstille. Dagegen setzte mit Regelmässig-

[1]) Gibbon, Exploration of the Valley of the Amazon; Washington: meteorologisches Journal für Trinidat vom Juni bis August 1852. [2]) Journ. R. G. S. 1870. London. S. 423. [3]) Bates, S. 238. [4]) Vogel, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1893. [5]) Pet. Mittlg. 1886 S. 170

keit um 10a und 11a ein scharfer N.-O. bis N.-W.-Wind ein, meistens N. Er kam in Stössen, die häufig 5 der Beaufortskala erreichten. Dieser Wind liess nachmittags ab und hatte sich um 3 Uhr vollständig gelegt Da in Cuyaba in dieser Jahreszeit der Südwind dominiert, so darf man vielleicht an eine Luftbewegung denken, welche durch die starke Bestrahlung des Plateaus in den wolkenarmen Monaten hervorgerufen wird; dann müsste ja die Luft von den Niederungen in N. und S. des Plateaus nach diesem zusammenfliessen. Dafür würde auch sprechen, dass an einigen bewölkten Tagen, am 21., 23. und 24. Juli der Nordwind ganz ausblieb." (Siehe auch Clauss: Tafel I: Resultate der meteorologischen Beobachtungen in Cuyabá, P. M. 1886 S. 169.)

Diese N.-W.-Winde, die wir auch bei der Betrachtung der Windverhältnisse am Purus und auf der Madeira-Platte kennen lernten, sind also nichts anderes als aspirirte Winde, was auch schon der Umstand beweist, dass sie nach Norden zu häufiger und länger auftreten, während im Süden dasselbe für den S.-O. der Fall ist. Dieser letztere Wind dagegen ist der Südostpassat, der jenseits des Äquators vom atlantischen Meere über den Kontinent bis zur Hylaea und zu den Anden hinweht.[1]

An der Ostküste sind der „viracão" oder der See- und der „terral" oder der Landwind die regelmässigsten täglichen Winde.[2] Das Vorherrschen der Seewinde aus S.-O. bewirkt jene Feuchtigkeit an der Küste und auf der Ostseite der Serra do Mar, dass hier bis zum Wendekreis die vegetative Entwickelung niemals unterbrochen wird.[3] Auch im Staate Sao Paulo sind der „viracão" und der „terral" noch ausgeprägt. Lange[4] schreibt, dass von 10 Uhr vormittags bis gegen 4 Uhr nachmittags der N.-W. vorherrsche, dann sich aber eine südöstliche Windrichtung zeige, die ein bedeutendes Sinken der Temperatur bewirke und die Feuchtigkeit in der Atmosphäre erhöhe. Der S.-O.-Wind ist der häufigste; während der Wintermonate hat aber der N.-W.-Wind Neigung, vorzuherrschen. Dagegen haben die südlichsten Provinzen Brasiliens, südlich vom Wendekreis, ganz andere Windverhältnisse. Im Sommer herrschen hier nordöstliche Winde vor, während im Winter daneben auch südwestliche und südöstliche Winde zur Geltung kommen.[4] Am Lagoa dos Patos ist die auffallende Erscheinung, dass die Winde immer nur wenige Tage aus einer Richtung wehen und dann in die entgegengesetzte umschlagen, so dass es den Segeljachten möglich ist, den einen Wind zur Hinfahrt, den andern zur Rückfahrt von Rio Grande zu benutzen.[6] Wahrscheinlich ist dieser Windwechsel durch wandernde örtliche Gebiete niedrigen Luftdrucks bedingt. Die Stürme wehen fast

[1]) Griesebach S. 394. [2]) Pet. Mittlg. 1891 S. 15. [3]) Griesebach S. 395. [4]) Lange, „Aus dem Staate São Paulo" P. M. 1891 S. 15. [5]) Segelhandbuch für den Atl. Ozean; herausgeg. v. der Seewarte, Hamburg 1885 S. 66 [6]) Pet. Mittlg. 1887. S. 292.

immer aus Nordwest und Südwest;[1]) manche auch aus Nordost, welche zugleich die stärksten sind. So wurde an der Barre von Rio Grande ein N.-E.-Wind von 43,6 m und ein S.-W.-wind von 38,5 m Geschwindigkeit beobachtet.[2]) Im Binnenlande wird am meisten der Minuano gefürchtet, ein sehr heftiger, kalter Westwind, der in der Regel bei klarem Himmel drei Tage lang anhält. Er wird gewöhnlich mit dem Pampero verwechselt, der aber mehr aus Südwesten kommt und ebenfalls kalt, aber nicht trocken, sondern meist der Vorläufer oder Begleiter heftiger Gewitter ist.[3])

II. Niederschlagsverhältnisse.

Wäre die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in den Tropen nur abhängig von dem Zenitstande der Sonne, so würde aus der Hauptregel der normalen tropischen Regenzeiten unmittelbar folgen, dass am Äquator und hinauf bis zu jenen Entfernungen zu beiden Seiten desselben, wo zwischen den beiden Zenitständen der Sonne noch ein längerer Zeitraum liegt, sich zwei Regenzeiten im Jahre bemerkbar machen, entsprechend den beiden Durchgängen der Sonne durch den Zenit. Meistens stellen sich im betreffenden Gebiete auch solche doppelte Regenzeiten ein; aber bei den geringen Wärmeunterschieden der doppelten Insolationsmaxima sind secundäre Einflüsse leicht im Stande, das Auftreten doppelter Regenzeiten zu unterdrücken. Namentlich sind es topographische Faktoren, welche den theoretischen Voraussetzungen entgegen einen ununterbrochenen Gürtel doppelter Regenzeiten nicht recht aufkommen lassen. Das Folgende wird uns lehren, dass auch im Gebiete der schwarzen Flüsse Südamerikas die Niederschlagsverhältnisse nicht so einfach liegen und dass die jahreszeitliche Verteilung derselben sich nicht so gleichmässig und regelmässig abwickelt, wie man meist annimmt.

Am Ynirida haben wir z. B. nach Montolieu[4]) nur eine Regenzeit, die vom März bis Oktober dauert; am Atabapo bei San Antonio

[1]) Beschoren, „Beiträge z. näheren Kenntnis der bras. Provinz Rio Grande do Sul"; Pet. Erg. 1889—90 S. 79. [2]) H. v. Ihering, „Deutsche geogr. Blätter VII S. 168. [3]) Pet. Mittlg. 1887 S. 292. — Pet. Erg. 1889—90 S. 79 — Avé-Lallemant: „Reise durch Süd-Brasilen" I. Tl. S. 468. [4]) Montolieu, Bul. S. G. 1800 S 290.

de Yavita regnet es fast das ganze Jahr.[1]) In Yavita mass Humboldt den Regen, der am 1. Mai (1800) innerhalb 5 Stunden 46 mm und am 3. Mai sogar 30 mm innerhalb 3 Stunden ergab.[2]) „Am Pimichin", schreibt der gleiche Forscher, „regnet es seit mehreren Monaten unaufhörlich und Bonpland gingen die Exemplare von Pflanzen, die er mit künstlicher Wärme zu trocknen suchte, zu Grunde." [3]) Auch am oberen Rio Negro sind alle Monate des Jahres reich an Niederschlägen; „es regnet fast das ganze Jahr, Dezember und Januar ausgenommen, und selbst in der trockenen Jahreszeit sieht man das Blau des Himmels selten zwei, drei Tage hintereinander. Da es unaufhörlich regnet (der Regen ist fein, aber sehr dicht), so können in diesen Wäldern jährlich nicht wohl unter 2.43 bis 2,71 m Regen fallen.[4]) In San Carlos[5]) sah Humboldt zu verschiedenen Zeiten in 2 Stunden 16 mm; in 3 Stunden 40 mm; in 9 Stunden 106,8 mm Regen fallen. Die Regenzeit findet hier bei nördlicher Deklination der Sonne statt und ist normal.

Abnorm ist dagegen das Fehlen einer Trockenzeit im Fallgebiete des Rio Negro. Wallace schreibt darüber:[6]) „Die regelmässige tropische Trockenzeit ist hier fast verschwunden, das ganze Jahr hindurch ein beständiger Wechsel von Regenschauern und Sonnenschein. Im Juni, Juli, August und September, wenn der Amazonassommer in all seiner Glorie steht, haben wir hier nur wenig besseres Wetter im Juni; dann wieder so viel Regen wie immer, bis im Januar und Februar, wenn die nasse Jahreszeit am Amazonas beginnt, hier im allgemeinen 1–2 Monate warmes Wetter herrscht." Die Erklärung dieser abnormen Erscheinung ist nicht schwer. Ohne Zweifel steht die aspirirende Wirkung der Llanos des oberen Orinoco damit im engsten Zusammenhange. Dies bestätigt uns Spruce[7]), der diese Verhältnisse eingehender untersucht. „Die Regenzeit unter dem Äquator und nördlich von ihm zur Zeit des Amazonassommers kann uns nicht wundern bei der allgemeinen Verschiebung der Jahreszeiten nach S. zu über den mathematischen Äquator (Napo, Canelos); das „bessere Wetter" im Juni fällt auf die nördlichste Deklination der Sonne. — Wenn die nasse Jahreszeit am Amazonas ihren Höhepunkt hat (März, April), aspiriren die Llanos des Orinoco; es müssen sich daher am Rande des Berglandes von Guyana (Negro Fälle) und an den Bergen nördlich von ihm Steigungsregen niederschlagen, die mit der Höhe jener Berge (dem jetzigen Verlauf der brasilianisch – venezuelischen Grenze) abschneiden.

Gehen wir weiter nach Osten, nach Guayana! Hier haben wir genau das Klima des Innern von dem des Küstenlandes auseinander zu

---

[1]) Humboldt, Bd. III S. 225. [2]) Ebenda S. 225. [3]) Ebenda S. 228. [4]) Ebenda S. 269. [5]) Ebenda S. 269. [6]) Wallace, travels S 430. [7]) Jorn. 1860 Bd. 36 p. 71.

halten. Das Centralfeld oder die grosse Savanne von Britisch Guayana (3°—4° N.; 56°—60° W.) hat nach Appun[1]) nur eine Regenzeit vom April bis August mit durchschnittlich 200-230 cm hohem Regenfall, Nordwest- und Westwinden, furchtbaren Gewitterstürmen und gewaltigen elektrischen Entladungen. Die Niederschläge sind an manchen Stellen zu dieser Zeit geradezu enorm. So betrug z. B. die Quantität des gefallenen Regens am Takutu nach Schomburgk[2]) bei einem einzigen Regenfalle, der nur einige Stunden dauerte, 75-100 mm, und die angestellten Beobachtungen desselben Forschers ergaben dort von Ende Mai bis Ende August 72 Zoll (1,8 m) Regen. Zu Pirara war infolge der mächtigen Regen die Atmosphäre mit Feuchtigkeit so geschwängert, dass die Kleidungsstücke der Mitglieder der Schomburgk'schen Expedition in den Koffern vermoderten. Eiserne Werkzeuge, die nur wenige Tage am Boden gelegen hatten, waren von Rost bis zur Unbrauchbarkeit zerfressen, das Silber war oxydirt, die Arsenikseife zersetzt und die botanischen Sammlungen zerstört.[3])

Zur Trockenzeit, die vom September bis zum April dauert und von O.- und NO.-winden begleitet ist, herrscht in den Savannen Dürre und Wassermangel. Nur die Flüsse und Bäche, die mit Galleriewäldern begleitet sind, wie dies meistens im Quellgebiete der schwarzen Flüsse der Fall ist, empfinden nicht die sengende Hitze, ihre Ufer sind auch zu dieser Zeit feucht und sumpfig. „Man hat behauptet," schreibt Schomburgk, „dass die Vegetation erst einige Tage Regen verlange bevor sie von neuem zu treiben beginne; die Ufer des Takutu aber widersprechen dieser Annahme in der blühendsten Sprache; denn der Monat März und die zurückgelegten Tage des April waren fast ohne einen Tropfen Regen vorübergegangen und doch waren die Ufer des Flusses an vielen Stellen wie mit einem Blütenteppich überzogen.[4])

Während nun die Savannen im Innern nur eine Regen- und Trockenzeit besitzen, fallen in den höheren Teilen des Landes unter denselben Breiten z. B. am Roraima auch im November und Dezember Regen, so dass hier also wie an der Küste, eine doppelte Regenzeit herrscht.[5]) Daraus erfolgt, dass auch im Innern Guayanas zwei Zenitregenzeiten ausgebildet wären, wenn nicht die unermesslichen Urwälder der Küste den Passatwinden zur kleinen Regenzeit deren Feuchtigkeit berauben würden.

An der Küste Guayanas teilen sich die Regen- und Trockenzeiten in folgender Weise:[6])

---

[1]) Siehe Hann, „Klimatologie" Bd. II S. 359. [2]) Schomburgk, R., Reisen etc. Bd. IIS. 143. [3]) Schomburgk, R., Reisen etc. Bd. II S. 128 [4]) Ebenda S. 21. [5]) Sievers, „Amerika" S. 172. [6]) Joest, W., „Guayana im Jahre 1890" (Verhandlung der Ges. für Erdk. zu Berlin) Bd. 18 S. 402.

Ende Februar bis Ende Mai kleine trockene Zeit; Ende Mai bis Ende August grosse Regenzeit; Ende August bis Ende November trockene Zeit; Ende November bis Februar nächsten Jahres kleine Regenzeit. Freilich benimmt sich, nach Joest, auch hier der Himmel nicht immer so, wie es die Meteorologen nach eben genannter Regel feststellten. Joest schreibt: „Als wir am 7. Februar im Georgetown anlangten, hatte es dort 21 Tage hindurch täglich, beinahe unaufhörlich geregnet — das nannte man die „kleine" Regenzeit. Während meines Aufenthaltes in Surinam, von Mitte Februar bis Mitte April 1890, musste ich jeden Tag „Regen" in mein Tagebuch eintragen. Oft waren es nur kurze Schauer, häufig aber strömte der Regen ohne Unterbrechung 24 Stunden hindurch. Das war also während der „kleinen trockenen Zeit". Die Niederschlagsmengen während der Regenzeit sind an der Küste ebenfalls grösser als im Innern. Während z. B. nach den von Schomburgk[1]) angestellten Beobachtungen in den Savannen die Höhe des von Ende Mai bis Ende August gefallenen Regens 72 Zoll betrug, schwankte sie während derselben Zeit an der Küste zwischen 80 und 100 Zoll. In Georgetown-Demerara betrug der Regenfall im Jahre 1889: 97,36 engl. Zoll (ca. 2400 mm), in Paramaribo in derselben Zeit bei 214 Regentagen 2276,26 mm. Im Jahre 1890 wurden in Paramaribo sogar 226 Regentage verzeichnet mit etwa 2336,8 mm Regenfall.[2]) Das Aussehen dieses Gebietes zur Regenzeit schildert Kappler in malerischer Weise.[3]) Schwere Regengüsse, wie man sie in Europa nicht kennt, fallen oft mehreremale täglich; leichtere Ladungen halten auch wohl, aber selten, tagelang an; alles niedere Land wird unter Wasser gesetzt; die Flüsse des oberen Landes treten aus und viele Savannen gleichen Seen, über die man mit grösseren Ruderbooten fahren kann. Flussfische ziehen in die überschwemmten Waldungen ein und leben von Früchten und saftigen Beeren. Im Innern des Landes, wo die Ufer steil und bergig sind, kann der Unterschied zwischen dem höchsten Wasser der Regenzeit und dem tiefsten der Trockenzeit 10—13 m betragen. Gegen die Mitte des Juli nehmen die Regenschauer ab und fallen nur noch zu gewissen Tageszeiten und Nachtstunden."

Anders wiederum, als auf dem guayanischen Schollenlande und an der nördlichen Küste von Südamerika finden wir die Regen- und Trockenzeiten, sowie die Niederschlagsmengen, im Amazonenthal verteilt. In Pará[4]), an der Mündung des Amazonas, gleicht jahraus

---

[1]) Schomburgk, Rich., Bd. II S. 143. [2]) Dieselben verteilten sich in folgender Weise auf das Jahr: Januar 23; Februar 17; März 21; April 20; Mai 24; Juni 27; Juli 27; August 15; September 13; Oktober 4; November 14; Dezember 21 Regentage. [3]) Hann, „Klimatologie" Bd. II S. 358. [4]) Bates S. 35.

jahrein ein Tag dem andern. Ein kleiner Unterschied besteht zwischen der trockenen und der nassen Jahreszeit; in der Regel aber wird die trockene Jahreszeit, von Juli bis Dezember, durch Regenschauer unterbrochen, die nasse, von Januar bis Juni, durch sonnige Tage. Zu Santarem [1], am Einflusse des Tapajoz in den Amazonas, beginnt die Regenperiode Anfang Februar und ist vom April bis Juni am stärksten ausgebildet; vom August bis zum Februar verstärkt sich die Heftigkeit der Ostwinde; dann herrscht fast vollkommene Dürre und heiterer Himmel. Der späte Beginn der Regenzeit in Santarem und der völlige Regenmangel während der Trockenzeit beruhen beide wohl auf lokalen Verhältnissen, denn Santarem liegt nach Bates [2]) inmitten eines Camp-Distriktes, wo wahrscheinlich die zwischen Tapajoz und Xingu bis zum Amazonas vorspringende bewaldete Hochlandszunge den Regenschatten wirft. Dass diese eigentümlichen Niederschlagsverhältnisse lokaler Natur sind, beweist auch der Umstand, dass weiter oben am Tapajoz, in der Nähe der Fälle (4°30' s) Bates [3]) das Klima auch in der Trockenzeit feuchter fand und Coudreau [4]) auf seiner meteorologischen Tabelle, worauf er das Wetter am Tapajoz vom 28. August 1894 bis 1. Januar 1895 angegeben hatte, von diesen 127 Tagen 25 Regentage verzeichnete. Oktober und November hatten an je 16 Tagen Regen. Da auch Bates [5]) für Villa Bella, am Einflusse des Parana do Ramos in den Amazonas, eine kleine Regenzeit erwähnt, die bereits zu Manaos deutlich hervortritt, so dürfte unsere Annahme, dass zu Santarem nur lokale Einflüsse eine kleine Regenzeit verhindern, fast zur Gewissheit erhoben sein. Zu Manaos liegen auch genauere Aufzeichnungen über die dortigen Regenmengen vor. So bringt das Novemberheft der „Revista do Observatorio de Rio de Janeiro" vom Jahre 1891 die Resultate vierjähriger Regenmessungen. Darnach beträgt die Jahresmenge 2359 mm.

Am grössten ist die Feuchtigkeit oberhalb Manaos. Hier regnet es fast das ganze Jahr. Die schwersten Regen fallen von März bis August. Von St. Paulo am oberen Amazonas erzählt Bates: [6]) „Mein Haus war noch feuchter als das, welches ich in Fonta Boã bewohnte, und es hielt ausserordentlich schwer, meine Sammlungen zu bewahren, dass sie nicht durch die Feuchtigkeit litten In St. Paulo war es unmöglich, das Salz einige Tage in einem festen Zustande zu erhalten, während man in Ega die Körbe, in denen es aufbewahrt wurde, nur gut mit Blätter zu umhüllen brauchte. Sechs Grad weiter westlich, nämlich am Fuss der Anden, scheint die Feuchtigkeit des Klimas der amazonischen Wälder den höchsten Punkt zu erreichen, denn Pöppig fand bei

[1]) Griesebach S. 379. [2]) Bates S. 200, 203, 204. [3]) Bates S 235. [4]) Coudreau, voyage au Tapajoz 1897. [5]) Bates S. 156. [6]) Bates S 404 und 405.

Chinchao, dass der am besten raffinirte Zucker sich in wenigen Tagen in Syrup verwandelt und das beste Schiesspulver, selbst in Blechbüchsen verwahrt, flüssig wurde. Bei São Paulo hielt sich raffinirter Zucker in Zinnbüchsen ganz gut und ich hatte keine Schwierigkeit, mein Schiesspulver in Blechbüchsen trocken zu erhalten, obgleich eine Flinte, die über Nacht geladen blieb, am Morgen selten abgefeuert werden konnte." Ähnliches berichten uns von dieser Gegend Spruce[1]), Condamine[2]), Orton[3]), Galt[4]) u. a.

So die Verhältnisse im Amazonental. Betrachten wir nun das Gebiet südlich der grossen Amazonasrinne. Dieser Teil steht fast ganz unter der Herrschaft des Südostpassats, der vom Atlantischen Ozean über den Kontinent bis zur Hylaea und zu den Anden hinweht. Da aber auch hier die vertikale Gliederung des Landes ihren Einfluss auf die Niederschlagsverhältnisse in nicht unerheblicher Weise zur Geltung bringt, indem nämlich die Serra do Mar, die sich längs der ganzen Südostküste erstreckt, die Feuchtigkeit des Passates aufhält und dem Binnenlande so den atlantischen Wasserdampf entzieht, so empfiehlt es sich hier, die Küstengebiete und die Campgegenden des Innern streng auseinander zu halten. Wie liegen nun die Niederschlagsverhältnisse an der Küste?

Vom Nordende der Serra do Mar bis gegen Bahia zu ist der Küstenstrich sehr niederschlagsreich. Pernambuco hat z. B. nach vierjährigen Beobachtungen eine jährliche Regenmenge von 2752 mm, und die Winterregen herrschen hier vor Die Ursache dieser Winterregen schreibt Hann dem Umstande zu, dass die Hochebenen im Innern im Winter relativ zu kalt sind gegenüber dem Wasser des Ozeans, weshalb die kalte Luft aus dem Innern gegen das Meer hin abfliesst und infolgedessen den Passat zum Aufsteigen zwingt.[5]) Auf den Hochebenen der Sierra do Mar im Innern bis ebenfalls gegen Bahia zu herrschen oft grosse Perioden der Dürre, weshalb Steppen- und Wüstenbildungen hier häufig sind (z. B. die Sertãos von Bahia und Algoas). Namentlich das Innere von Ceara leidet in noch höherem Masse an solchen Dürren, weil hier der Passat parallel zur Küste weht.

Weiter im Süden, in Minas geraes, ist der Winter die trockene Zeit (vom Mai bis Oktober) und der Sommer (vom November bis April) die Regenzeit. Aber auch zur trockenen Jahreszeit sind Strich- und Platzregen nicht selten und trübe Tage sehr häufig. Der Sommer zeichnet sich dagegen fast durch täglichen Regen und heftige Regengüsse aus. In Ouro Preto betrug z. B. die Regenmenge während 27 Tagen

---

[1]) Spruce, Journ. R.G.Bd. 31 S. 175. [2]) Condamine p. 27. [3]) Orton, S. 181. [4]) Galt, S. 380. [5]) Hann, Bd. II S 370.

89 Pariser Zoll = 3,296 Zoll per Tag.[1]) An den Küsten von Espirito Santo und in Rio de Janeiro regnet es dagegen das ganze Jahr, im Mittel jedoch zumeist im Sommer: die trockensten Monate sind Juni bis August. Auch in Sao Paulo sind zwar die Sommerregen noch ausgeprägt, aber auch die übrige Jahreszeit zeigt in jedem Monat Regenfall,[2]) so dass hier der Übergang zu den südlichen Provinzen Brasiliens südlich des Wendekreises mit Niederschlägen zu allen Jahreszeiten deutlich bemerkbar ist. Dort, im südlichen Parana, in St. Catharina, in Rio Grande do Sul, sowie im Staate Uruguay regnet es das ganze Jahr, das Maximum der Niederschläge fällt jedoch in den Winter, von Juni bis September. Auch hier sind es die östlichen Seewinde, die die Feuchtigkeit in das Land bringen, so dass sich infolge der Erhebung des Küstengebirges die Niederschläge, wie im Norden des Wendekreises, nach dem Binnenlande hin vermindern. Doch auch von N. nach S. ist eine Abnahme der Niederschläge bemerkbar, denn während Lange in São Paulo während seiner Reise für Januar 21, Februar 16, März 22, April 19, Mai 13, Juni 4, Juli 10, August 6, September 22, Oktober 16, November 15, Dezember 24 Regentage verzeichnen konnte,[3]) kommen in Rio Grande do Sul in Durchschnitt im Sommer nur 19, im Herbst 15, im Winter 18 und im Frühjahr nur 13 Tage mit Regenfall vor.[4])

Wir wenden uns nun gegen das Gebiet westlich der Serra do Mar! Da letzterer Gebirgszug, wie schon einigemal erwähnt, sich längs der ganzen Südostküste erstreckt und infolgedessen die Feuchtigkeit des Passates aufhält und dem Binnenlande so den atlantischen Wasserdampf entzieht, so herrschen auf dem Tafellande des brasilianischen Berglandes meistens, wo nicht fliessende Wasser den Boden tränken, Savannen vor, die auch Campos genannt werden und in denen die regelmässige Zenitregenzeit des südhemisphärischen Sommers von den regenlosen Monaten des Passatwindes scharf getrennt ist.[5]) Dennoch ist das Binnenland noch feucht genug, zahlreichen Strömen das Leben zu geben, denn die Luft enthält durch den Einfluss des S.-O. doch noch soviel Feuchtigkeit, dass bei der starken nächtlichen Abkühlung über dem Plateau selbst in der Trockenzeit Taubildung stattfindet.[6]) Ausserdem sind hier die Regenzeiten von nördlichen Winden begleitet, welche dem südlichen Passat entgegenwehen, und wo beide sich begegnen, werden aufsteigende Luftströme erzeugt, die reichliche Niederschläge

[1]) Tschudi: „Die Provinz Minas geraes“, Gotha, Justus und Perthes 1862. [2]) Lange, „Aus dem Staate Sao Paulo“. (Pet. Mittlg. 1891 S. 15. Siehe auch Tabelle.) [3]) Lange, P. M. 1891 S. 15. [4]) Beschoren, Pet. Erg.-Hft. Bd. 21 S. 78. [5]) Grisebach, S. 395. [6]) Clauss, Pet. Mittlg. 1886 S. 130.

veranlassen.[1]) Stets folgen dann die ersten Regen, wo die Wirkung der Insolation bei unbewölktem Himmel am grössten ist. Einen Einfluss auf die Dauer der Niederschläge übt hier grösstenteils aber nicht die geographische Breite, sondern die plastische Gestaltung der Landschaft aus. So tritt in Goyaz unter dem sechzehnten Parallelkreise. wo die Sonne erst Ende November in das Zenit tritt und im Januar dahin zurückkehrt, die nasse Jahreszeit schon im September ein und dauert bis zum April.[2]) Ehrenreich beobachtete dort sogar den letzten Regenfall erst am 11. Juni.[3]) Besonders aber zeigt sich an den Flüssen, die in grossen Thälern und von Urwäldern begleitet dahinfliessen, der topographische Einfluss des Landes auf die Regenverhältnisse. Die Niederschläge sind hier reicher und grösser als auf den Campos und bedingen eine grosse Wasserfülle de Ströme. Die Regenbeobachtungen, die Clauss in seinem Bericht über die Xingú-Expedition vom Cuyabá-Gebiet gibt,[4]) dürften auch ein annähernd ähnliches Bild vom Quellgebiet die Xingú und des Tapajoz liefern, da diese Erdstriche sich unmittelbar berühren. Nach Clauss beginnt die Regenzeit in Cuyaba mit dem September und hört im Mai auf. Vom Juni bis August kommen nur ganz ausnahmsweise Regenfälle vor, und diese Monate repräsentieren daher die eigentliche Trockenzeit. Die grössten Regenmengen fallen nach Clauss in den Monaten Dezember bis März. Der grösste Regenfall betrug 111 mm innerhalb 5¹/₄ Stunden am 13 Februar 1885. Im Jahre 1879—80 betrug die Regenmenge 1732 mm; 1880—81 1520 mm; 1884—85 1285 mm. Im Gebiete der schwarzen Flüsse Maué-assu, Abacaxis und Canuma dauert die Regenzeit vom Februar bis incl. August, aber auch in der Trockenzeit fand Chandless im oberen Teil des Abacacis häufige Regenschauer, während es dagegen am Unterlaufe des Flusses gar nicht regnete.[5]) Damit wären wir bereits in das Gebiet der westlichen Amazonasniederung gekommen, wo in der Nähe des Äquators bei Manaos noch zwei Regenzeiten und zwei Trockenzeiten ausgeprägt sind, weiter westlich davon es aber fast das ganze Jahr regnet. Erst weiter südlich, ungefähr unter 10° s. Br., ist die Andeutung einer kleinen Regenzeit wieder gegeben,[6]) die bis zu dieser Breite hin durch die mit dem Vorrücken der Sonne nach S. intensiver werdende Aspiration des Plateaus unterdrückt wird.[7])

C. Hydrographie.

Auf der brasilianischen Masse und in der grossen Amazonasniederung, welche Gebiete wir im Vorhergehendem

[1]) Grisebach, S. 399. [2]) St. Hilaire in Nouv. Annales des voyages 1847 S. 50. Jahresb. [3]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1891 S. 177. [4]) Clauss, Pet. M. 1886 S. 169. [5]) Chandless, Journ.R.G.S. 1870 S. 430. [6]) Chandless, R. G. S. Bd. 36 S. 91. [7]) Schichtel S. 47.

in topographisch-geologischer und in meteorologischer Hinsicht behandelt haben, kommen die sogenannten „Schwarzwasserflüsse mit klarem, dunklen Wasser,“ wie sie uns Humboldt vom oberen Orinocogebiete zwischen dem 3. und 4. Grade nördlicher Breite schilderte, in grosser Anzahl vor. Namentlich sind diese eigenartigen Gewässer charakteristisch ausgeprägt in Britisch-Guayana, im Gebiete des oberen Orinoco und Rio Negro, im unteren und oberen Amazonasthal und auf der Sierra do Mar.

Bei der nun folgenden Einzel-Betrachtung dieser Flüsse haben wir folgende Gruppen aufgestelt:

I. Die schwarzen Flüsse des Orinocosystems;
II. „ „ „ „ Guayanas;
III „ „ „ „ Amazonassystens;
a) rechtsseitige Amazonaszuflüsse;
b) linksseitige „
IV. „ „ „ „ bras. Berglandes.
V. Zweifelhafte Schwarzwasserflüsse.

Bevor wir jedoch die Einzelbetrachtung dieser Flüsse beginnen, möchten wir noch kurz auf zwei Punkte aufmerksam machen, die, sofern wir sie nicht jetzt schon in Erwähnung bringen, später zu Verwirrungen und Missverständnissen führen könnten. Einmal darf an die Worte „gross“ und „klein“ bei diesen Strömen nicht der Massstab unserer deutschen oder auch europäischen Flüsse gelegt werden. „Der Pimichin“, schreibt Humboldt, „der dort ein Bach (Caño) heisst, ist so breit wie die Seine, der Galerie der Tuilerien gegenüber.“[1]) „Was man in Frankreich einen grossen Fluss nennt, ist in S.-Amerika“, sagt Crevaux, „ein Creek.“[2])

Ferner darf bei den Ausdrücken und Bezeichnungen „Rio Blanco“ und „Rio Negro“ (oder Rio Preto), wo die Schwarzwasserflüsse auf einem bestimmten Gebiete charakteristisch auftreten, nicht an einen starken Kontrast bezüglich der Wasserfärbung dieser Flüsse gedacht werden, wie er etwa besteht zwischen dem Ilz- und Donauwasser. Wer schon einmal an der Stelle gestanden, wo sich der „schwarze“ mit dem „weissen“ Regen vereinigt, wird nur einen ganz geringen Unterschied in der Farbe dieser Gewässer bemerkt haben, und unseren Gebirgsflüssen auf der bayerischen Hochebene gegenüber wäre der

[1]) Humboldt, Reise etc. S. 243. [2]) Schichtel S. 57.

weisse Regen immerhin noch ein ganz dunkler Fluss.* Dieselben Verhältnisse dürfen wir auch in Britisch-Guayana oder am oberen Orinoco, überhaupt, wo die sogenannten Schwarzwasserströme einem weiten Gebiete eigen sind, voraussetzen. Namentlich zwischen den Rio Pretos und Rio Pardos dürfte nur ein ganz geringer gradueller Unterschied in ihrer Färbung bestehen und ihr beiderseitiges häufiges Vorkommen auf einem gemeinschaftlich bestimmten Bezirke zur Annahme berechtigen, dass die ähnliche Farbenerscheinung ihrer Wasser auf die gleiche Ursache zurückzuführen ist.

I. Die schwarzen Flüsse des Orinocosystems.

Wir beginnen zuerst mit der Betrachtung und Beschreibung jener schwarzen Flüsse, die zum Flusssysteme des Orinoco gehören.

Es sei uns gestattet, einleitend das anzuführen, was Humboldt in seinem vortrefflichen Reisebericht über diese Flüsse sagt:[1]) „Mit der Mündung des Rio Zama", so führt er aus, „betraten wir ein Flusssystem, das grosse Aufmerksamkeit verdient. Der Zama, der Mataveni, der Atabapo, der Tuamini, der Temi, haben schwarzes Wasser (aquas negras), das heisst, ihr Wasser, in grossen Massen gesehen, erscheint kaffeebraun oder grünlich schwarz, und doch sind es die schönsten, klarsten, wohlschmeckendsten Wasser. . . Wenn ein gelinder Wind den Spiegel dieser schwarzen Flüsse kräuselt, so erscheinen sie wiesengrün, wie die Schweizer Seen. Im Schatten ist der Zama, der Atabapo etc. schwarz wie Kaffeesatz. Diese Erscheinungen sind so auffallend, dass die Indianer allerorten die Gewässer in „schwarze und weisse" einteilen."

Von den meisten schwarzen Flüssen dieses Gebietes ist freilich leider nur der Unterlauf einigermassen bekannt, während uns Nachrichten über den Ursprung und den Mittellauf derselben soviel wie gänzlich fehlen. Nur der Atabapo und der Ynirida sind uns in ihrem ganzen Laufe näher bekannt geworden.

Die Erforschung des ersteren verdanken wir namentlich

*) Ich denke dabei auch an den „Weissen Nil", der trotz seines Namens ein „tintenschwarzes" Wasser hat. (Siehe Schweinfurth: „Im Herzen von Afrika", während der Jahre 1868—1871, Leipzig 1878 S. 17.) [1]) Humboldt, Reisen etc. S. 192.

Humboldt,[1]) Montolieu[2]) und dem Grafen Stradelli.[3]) Seinen Ursprung hat er südlich des Orinoco, wo er als Atacavi[4]) unter 3° n. B. aus mehreren Seen entsteht und unter diesem Namen etwa 160 km nach Westen fliesst, um sich bei S. Cruz mit dem Temi zu vereinigen. Dieser letztere hat seine Wiege südlich des 3. Breitengrades, fliesst zuerst nach Südwesten bis Yavita, empfängt hier den ebenfalls schwarzen Tuamini und wird darauf durch eine von Norden nach Süden streichende Hügelkette nach Norden geworfen. Der Temi bildet auf seinem Laufe zahlreiche Stromschnellen und empfängt eine Reihe von kleineren schwarzen Tributären. Seine Ufer sind äusserst einförmig und von Urwäldern begleitet. Er bildet auf seinem ebenen Terrain zahllose Schlingen, und der Wald steht meist bis 10 km weit vom Ufer entfernt unter Wasser. An seiner Mündung hat der Temi eine Breite von 155 bis 175 m, eine Breite, die ihn in Europa das Recht gäbe, sich dort bedeutenderen Flüssen an die Seite zu stellen.

Bei Cruz vereinigen sich, wie schon erwähnt, Atacavi und Temi zum Atabapo. Verstärkt durch eine Reihe weiterer Zuflüsse, von denen nur der bei Baltazar mündende Garza omari und der oberhalb Chamucida endende C. Ucaqueni genannt sein sollen, eilt nun der Fluss in vorherrschend nördlichem Laufe dem Orinoco zu, den er bei S. Fernando de Atabapo hart unter dem 4° n. Breite erreicht.[5])

Da es am Atabapo fast das ganze Jahr hindurch regnet, so ist der Fluss beständig hoch. Er hat überall ein eigentümlich einförmiges Aussehen und das eigentliche Ufer ist nirgends sichtbar, da es beständig überschwemmt ist.

Ein grosser Kontrast besteht zwischen der Atabapo-

---

[1]) Humboldt, A. v., „Reisen in die Äquinoktial-Gegenden." [2]) Siehe: Bulletin de la Soc. de Ggr. de Paris, April 1888. [3]) Stradelli, E., Note di viaggio nell' Alto Orinoco (con 17 disegni et una carta) B. S. Geogr. Ital. Ser. 3 Vol I 1888. [4]) Sievers: „Amerika" S. 192. [5]) Vergl. „Karte des Bifurcations-Gebietes des Orinoco," Geogr. Rundschau III Heft 4.

und Orinocolandschaft. Humboldt gibt davon eine treffliche Schilderung. Er sagt: „Sobald man das Bett des Atabapo betritt, ist alles anders, die Beschaffenheit, der Lauf, die Farbe des Wassers, die Gestalt der Bäume am Ufer. Bei Tage hat man von den Moskiten nicht mehr zu leiden, die Schnaken mit langen Füssen (Zancudos) werden bei Nacht sehr selten, ja oberhalb der Mission San Fernando verschwinden diese Nachtinsekten ganz. Das Wasser des Orinoco ist trübe, voll erdiger Stoffe, und in den Buchten hat es wegen der vielen toten Krokodile und anderer faulender Stoffe einen bisamartigen, süsslichen Geruch. Um dieses Wasser trinken zu können, mussten wir es nicht selten durch ein Tuch seichen. Das Wasser des Atabapo dagegen ist rein, von angenehmem Geschmack, ohne eine Spur von Geruch, bei reflektiertem Lichte bräunlich, bei durchgehendem gelblich. Das Volk nennt dasselbe „leicht", im Gegensatze zum trüben, schweren Orinocowasser. Es ist meist um 2°, der Einmündung der Temi zu um 3° kühler als der Orinoco. Wenn man ein ganzes Jahr lang Wasser von 27° bis 28° trinken muss, hat man schon bei ein paar Graden weniger ein äusserst angenehmes Gefühl. Diese Temperatur rührt wohl daher, dass der Fluss nicht so breit ist, dass er keine sandigen Ufer hat, die sich am Orinoco bei Tag auf 50° erhitzen, und dass der Atabapo, Temi, Tuamini und der Rio Negro von dichten Wäldern beschattet sind."

Die Länge des Atacavi-Atabapo beträgt 260 km;[1]) die Quellseen des Atacavi liegen ungefähr 300 m über dem Meere; Yavita am Temi besitzt nach Humboldt eine Meereshöhe von 323 m (nach Montolieu 300 m), San Fernando de Atabapo 238 (nach Montolieu 237 m). Die mittlere Geschwindigkeit des Atabapo beträgt 650—600 mm in der Sekunde.

Ein anderer Schwarzwasserfluss im Orinokogebiete, der fast bis zu seiner Quelle befahren wurde, ist der Ynirida, ein Nebenfluss des Guaviare. Der Franzose F. Montolieu

[1]) Als Vergleich: „Die Länge der Isar beträgt 270 km, die der Aar 280 km."

war es, der ihn näher erforscht hat.[1]) Man verlegte früher seine Wiege auf die Cordillieren; allein das ist nicht richtig. Er hat vielmehr seinen Ursprung auf einem Höhenzug, der sich westlich des 72° östl. L. ungefähr 34 km nördlich und südlich des 2° n. B. erstreckt, den Namen Yimbi führt und den westlichsten Ausläufer der Wasserscheide zwischen Orinoco- und Amazonassystem bildet.

Verstärkt durch mehrere andere Quellflüsschen überschreitet der Ynirida den 2° n. Br. und wird dann durch eine herantretende Hügelkette nach Nordosten gedrängt Diese Kette zeigt in ihrem Verlaufe eine Reihe von tiefen Einschnitten, und die Annahme Montolieus, dass vom Ynirida zum Guainia eine direkte Verbindung bestehe, wenigstens zur Hochwasserzeit, wird dadurch fast zur Gewissheit erhoben. Auch Humboldts Erkundigungen bei den Indianern decken sich mit dieser Annahme.[2])

Er ist in Granit eingebettet und zeigt sehr zahlreiche Stromschnellen und Katarakte. Seine Länge beträgt ungefähr 400 km.

Auf der linken Seite empfängt der Orinoco noch als schwarze Zuflüsse den C. Mataveni und den C. Zama, von denen aber leider nicht viel mehr bekannt ist, als ihre Mündung.[3])

Von rechts strömen ihm zahlreiche Flüsse Westguayanas zu, darunter ebenfalls solche mit dunkler Färbung. So münden in der Ebene von Esmeralda, am Fusse des bekannten Duidas, zahlreiche Schwarzwasserflüsse und -bäche, die durch ihre Reinheit und Klarheit dem Guainia-Wasser vollständig ähnlich sind.[4]) Auch der Padamo, den Robert Schomburgk[5]) und Georg Hübner[6]) uns bekannt gemacht haben, zeigt jene dunkle Farbe. Er ist ungefähr 250 km lang und hat seine Quelle auf der Sa. Pacaraima. In seinem Oberlaufe ist er 30—40 m breit

[1]) Bulletin de la Soc. de Geogr. de Paris; April 1888. [2]) Humboldt, Bd. III S. 264. [3]) Ebenda Bd. III. S 192. [4]) Ebenda Bd. IV S. 54. [5]) Schomburgk Robert, „Reisen in Guiana und am Orinoco". S. 441, 448, 452, 451, 455, 458, 459. [6]) Hübner Georg, „Reise im Orinocogebiet." (Deutsche Rundschau 1898 S. 19.)

und zeigt eine sehr rasche Strömung. (3 Meilen in der Stunde.) In seinem Mittellaufe ist er 80—90 m breit und bildet hier unzählige Wasserfälle. Am grossartigsten darunter ist der Katarakt bei der Vereinigung des Kundanama mit dem Padamo.

In seinem Unterlaufe breitet sich der Padamo immer mehr aus und bildet flachere Ufer. Die Strömung wird hier sehr gering, aber das Wasser nimmt nach der Aufnahme des Matakuni eine hellere Färbung an. Bei seiner Mündung in den Orinoco hat der Padamo eine Breite von 260 m (nach Hübner nur 150 m!). Die Indianer nennen den Fluss Parámu.

Ein anderer Schwarzwasserfluss Guayanas, der zum Orinocosystem gehört, ist der Cannaracuna, der dem Méréwari von West-Nord-West her zufliesst. „Sein Wasser ist schwarz", schreibt Schomburgk, „und bildet einen strengen Kontrast gegen die rötlichen Fluten des Méréwari." Der Cannaracuna ist ziemlich seicht und windet sich unter zahllosen Wasserfällen im Sandsteingebiet dahin. Seine Mündung in den Méréwari erfolgt unter 4° 30 n. Br.[1])

II. Die schwarzen Flüsse Guayanas.

Neben den bereits behandelten Strömen Guayanas, die dem Orinoco tributär sind, fliessen auch manche Schwarzwasserflüsse Guayanas dem Atlantischen Ozean direkt zu. Die Entdeckungsgeschichte von einigen derselben reicht bis in die Zeit der Conquistadoren und Goldsucher zurück, allein die Namen eines Hortsmann aus Hildesheim, eines Don Francisco Jose Rodriguez Barata, eines Don Antonio Santos, eines Philipp v. Hutten und wie sie alle heissen,[2]) haben mehr historisches, als geographisches Interesse. Von wissenschaftlichem Werte für die Erforschung Guayanas waren erst die Reisen der Brüder Robert und Richard Schomburgk,[3]) die von der „Royal Geographical

[1]) Schomburgk, Robert, a. a. O. S. 427 und 428. [2]) Siehe Schomburgk, Richard, „Reisen etc." II. Tl. S. 373; Schomburgk, Robert. S. XV—XXIV Vorwort. [3]) a. a. O.

Society in London“ dorthin gesandt wurden. Bedeutend sind auch die Forschungen F. Appuns,[1]) der 1849—1868 unermüdlich in Guayana und Venezuela thätig war, sowie die Reisen und geologischen Aufnahmen Guayanas durch Charles Barrington Browns im Jahre 1870.[2]) 1875 durchforschten sodann Sawkins und Galmers Britisch-Guayana,[3]) 1878 weiter gelangte Thurn auf seiner Reise dortselbst den Essequibo und Rupununi hinauf nach den Pirara und Quatata und auf der Wasserscheide von da nach dem brasilianischen Fort Joaquim am Rio Branco.[4]) 1883 bis 1885 endlich reiste H. A. Crevaux vom Rio Branco zu den Quellen des Essequibo, worauf er dann den oberen Trombetas untersuchte.[5])

Betrachten wir nun einzelne dieser Schwarzwasserflüsse von Guayana, die ihre Fluten dem Atlantischen Ozean zusenden.

Hieher gehört der: 1. Barima.[6]) Er entsteht auf dem Imatacagebirge und wurde von Richard Schomburgk fast bis zur Quelle befahren. Der ganze Oberlauf des Flusses ist in das Urgebirge eingebettet (pag. 210) und zeichnet sich durch seine reissende Strömung aus. Schon bei seiner Aufnahme des Rocky-River hat der Fluss eine Breite von circa 10 m (pag. 210). Zahlreiche Katarakte und zahllose übereinander gestürzte Bäume, die den Fluss nach allen Richtungen hin durchkreuzen, bilden der Flussfahrt ein unübersteigliches Hindernis. Die Strömung betrug nach Schomburgk 6,5—7 km per Stunde. Seine bedeutendsten Zuflüsse sind auf dieser Strecke der Rocky River, Mehokawaina, Wanama, Nakukai.

Der Fluss, der bis Manari, deren Lage Schomburgk auf 7° 35′ 34″ n. B. und 60° 0′ 36″ w. L. bestimmte, östliche Richtung hat, fliesst von da ab nordöstlich bis Honobo, immer noch sich im Urgebirge bewegend. Bei Manari hat er bereits eine Breite von ungefähr 40 m und zeigt noch die gleiche dunkle Farbe wie bei seinem Ursprung. Sein Zufluss Amissi steht in Verbindung mit dem Kaituma und ist auch deshalb noch merkwürdig, weil bis zu seiner Mündung die Einwirkungen der Ebbe und Flut deutlich noch erkennbar sind.[7])

[1]) Appun, C. F., „Unter den Tropen“. Wanderungen durch Venezuela, am Orinoco, durch etc. etc. 1849—1868 (Jena 1871). [2]) Proceedings of the R. Geogr. Soc. of. London, Vol. XV No. 2. [3]) Pet. Mittlg. 1900 S. 140. [4]) Pet. Mittlg. 1880 S. 441. [5]) Pet. Mittlg. 1900 S. 140. [6]) Die Beschreibung des „Barima“ ist zusammengestellt aus Rich. Schomburgks „Reisen etc.“ I. Teil. [7]) Schomburgk, a. a. O. S. 190.

Von Honobo an beginnt der Barima seinen Tieflandslauf und wird hier zugleich zum Küstenstrome. Seine wichtigsten Tributäre sind auf dieser Strecke der Kaituma und der Aruka, von denen der erstere an seiner Mündung ungefähr 60 m breit ist und schon in seinem Mittellaufe durch zahlreiche Bäche und Flüsschen mit dem mittleren Barima in Verbindung steht. Der Aruka, den Schomburgk fast bis zur Quelle verfolgt hat, ist dunkelschwarz, aber unklar und läuft mit dem Kaituma parallel. Da sich die Wasserscheide zwischen Barima und Amacuru an den Quellen des Aruau, einem Seitenflusse des Aruca, bis zu 12—20 m senkt, so könnte es nach Schomburgk nichts leichteres geben, als einen Kanal hier zwischen Barima und Amacuru herzustellen, der von grossem Vorteil für den Verkehr wäre (pag. 155). Mit dem Waini steht der Barima bereits in Verbindung und zwar mehrere Male. Namentlich ist es der Mora-Creek (oder der Maro-wan der Indianer), der eine bequeme Wasserstrasse zwischen den beiden Flüssen herstellt. Bei seiner Abzweigung vom Waini hat dieser Kanal eine Breite von ungefähr 40 m und eine Tiefe von 5 m, bei seiner Vereinigung mit dem Barima eine Breite von 220 m und eine Tiefe von 6—9 m.

Bei seiner Mündung, die grösstenteils versandet ist, hat der Barima eine Breite von etwa 50—60 m. Die Länge des ganzen Stromes beträgt ungefähr 400 km (vgl. die Ems = 400 km).

Während sein Wasser im Unterlaufe zwar dunkel, aber getrübt und salzig erscheint, „sind seine Fluten im Ober- und Mittellaufe ebenso klar und schwarz als die des Takutu und Rupununi" (Bd. II S. 102 bei Schomburgk).

2. Der Essequibo, der grösste Fluss Guayanas, zeigt in seinem Quellgebiete bezüglich seiner Färbung die gleiche Erscheinung wie der Barima.[1]) Sein Name scheint, ebenso wie derjenige aller guayanischen Flüsse, einheimischen Ursprungs zu sein, wenigstens nach der Endung „bo" zu schliessen. Gleichwohl, sagt Reclus, berichtet Schomburgk von einer Legende, welche die Entstehung dieses Wortes auf einen Begleiter Christoph Columbus', auf Don Juan Essequibel oder Jaizquibel, zurückführt.[2]) In der Region, wo er sich in den Atlantischen Ocean ergiesst, haben ihm die Uferbewohner den Namen Aranauma gegeben.[3]) Er ist etwas weniger lang als ihn die Karten von Schomburgk und Brown darstellen. (Das Quellgebiet des Essequibo rückt nach Coudreau

[1]) Schomburgk, Robert, S. 121. [2]) Reclus, Bd. 19 S. 15.
[3]) Reclus, Bd. 19 S. 15.

fast um einen Breitengrad weiter nach Norden, als ihn die Schomburgk'sche Karte angibt.[1])

Die Wiege des Essequibo liegt auf der Sierra Acarai, einem dichtbewaldeten Granithügelzuge, der von S.-W. nach N.-O. streicht. Die beiden Quellflüsse sind der Chipwa oder Essequibo und der Jaore.[2]) Zur Regenzeit stellen in seinem Ursprungsgebiet zahlreiche Lagunen eine Verbindung mit dem Trombetas, einem Amazonastributär, her.[3]) Sein Bett ist im Oberlaufe vollständig in Granit und Gneis eingegraben und wird durch unzählige Katarakte und Stromschnellen, unter denen der „König Wilhelm IV. Katarakt" am bekanntesten ist, unterbrochen. Die Breite des Stromes wechselt hier zwischen 30 und 50 m, und die Geschwindigkeit beträgt 2½ Meilen in der Stunde. Zur Zeit der Überschwemmungen, vom Dezember bis März, erhebt sich der Fluss bis gegen 10 m über seinen normalen Spiegel.[4]) Da dieser Teil des Flusses bis zur Aufnahme des Rupununi schwarze Färbung zeigt, so wollen wir ihn als Oberlauf bezeichnen, im Gegensatze zu seinem Mittellauf, den wir von der Mündung des Rupununi bis zum Austritt aus dem Berglande rechnen, und der gekennzeichnet ist durch die verschiedene Färbung des Essequibowassers, bedingt durch die Aufnahme der oft anders gefärbten Nebenflüsse.

Robert Schomburgk schreibt über diese Wasserveränderung des Essequibo folgendes: „Bei dem Wilhelmskatarakt ist sein Wasser dunkelbraun, das sich aber erhellt, sobald es den weissen Rupununi aufgenommen; weiter nördlich wird er durch die roten Wasser des Siparuni abermals gefärbt, und noch weiter nach Norden gibt ihm der Potara seine frühere Farbe zurück, die er auch nun bis zu sainer Vereinigung mit dem Mazaruni und Cuyuni beibehält, worauf er wieder die Farbe annimmt, die er nördlich vom Rupununi hatte.[5])

Von der Mündung des Mazaruni-Cuyuni an beginnt der Unterlauf des Essequibo. Der Fluss hat hier bei einer mittleren Breite von 8 Seemeilen noch 45 Seemeilen bis zu seinem Einfluss in den Ozean. Der Essequibo gleicht auf dieser Laufstrecke mehr einem See als einem Fluss Die Mündung selbst ist 14 Meilen breit und wird durch drei flache Inseln in vier Kanäle geteilt, von denen die grösste Insel, Wakenaam, sieben Meilen lang ist.[6])

[1]) Vgl. Schomburgk, Richard, „Reisen in Britisch-Guiana", Bd. I Karte; ferner Coudreau, „La France équinoxiale", Bd. II Karte. [2]) Sievers, „Amerika", S. 74. [3]) Coudreau, Bd. II, S. 360. — Schomburgk, Rich., Bd. II S. 471. [4]) Schomburgk, Rob., S. 314, 315, 316, 318. [5]) Schomburgk, Rob., S. 149. [6]) Schomburgk, Rob, a. a. O S. 41.

Die Länge des Essequibo beträgt nach Reclus 1000 km (Rhein 1220 km),[1]) seine mittlere Wassermasse in der Sekunde 2000 cbm.

Der Essequibo hat auch zahlreiche direkte und indirekte Zuflüsse; dieselben sind:

a) Der Wapuan, der sich mit „seinem schwarzen Wasser von S.-Osten her in den Essequibo ergiesst.“[2]) Er entsteht auf der Sierra Acarai und scheint ein kleiner Fluss zu sein. b) Der Rupununi.[3]) Er ist im Oberlaufe ein Savannenfluss von Galeriewäldern begleitet und ist in Granit eingebettet. Anfangs schlägt er, von seinem Ursprung aus, nordwestliche Richtung ein, bis ihn der Gebirgszug Patighetiku, der sich auf seinem westlichen Ufer erhebt, diese aufzugeben zwingt. Wenige Kilometer darauf bahnt er sich einen Weg durch wildaufeinander geschichtete Granitmassen, verzweigt sich darauf in eine Menge Kanäle, vereinigt sich dann wieder zu einem Strome und stürzt sich nun als mächtiger Wasserfall über den Granitgürtel von Cutatarua, der ungefähr 160 geogr. Meilen von der Mündung entfernt liegt.

Der Mittel- und Unterlauf des Rupununi hat lehmige und sandige Ufer,[4]) denen der Fluss seine nun lehmgelbe Farbe zu verdanken hat.[5] Seine mittlere Breite beträgt 30—40 m. Auffallend ist seine geringe Tiefe, die meist 1 m nicht überschreitet.

c) Der Mapire, ein Nebenfluss des Rupununi. Schomburgk schreibt über ihn: „Der Fluss Mapiri, der sich um den nördlichen Fuss des Berges gleichen Namens herumwendet, vereinigt sich beim Eintritt in die Gebirge mit dem Rupunini von Osten her. Er hat schönes, schwarzes, kühles Wasser.“[6]) d) Der Siroppafluss. Von ihm sagt Schomburgk:[7]) „Am östlichen Ufer des Essequibo erhoben sich einige Berge, die ihren Namen von einem Flüsschen erhielten, das an ihrem Fusse hinströmt und so schwarz ist, dass es die Indianer Siroppabach nannten, weil sein Wasser dem Syrup des Zuckers an Farbe, wenn auch nicht an Süssigkeit,

[1]) Reclus, Bd. 19 S. 27. [2]) Schomburgk, Robert, S. 313. [3]) Schomburgk, Richard, Bd. II S. 101 und 102. [4]) Schomburgk, Robert, S. 22, 66, 68, 75. 93, 120. [5]) Schomburgk, Robert, S. 93. [6]) Ebenda, S. 79. [7]) Ebenda, S. 139.

gleicht. Der Indianer ist nie über einen passenden Namen in Verlegenheit. Wahrscheinlich wurden sie mit dem Flüsschen erst bekannt, als die ersten Ansiedler schon angekommen waren und das Zuckerrohr gebaut hatten. Sie sahen den Syrup, und indem sie bemerkten, dass die trägen Wasser des Baches dieselbe Farbe hatten, hängten sie einen Vocal an das fremde Wort und indianisirten es.“ e) Der Potaro- oder schwarze Fluss. Er wurde von B. Brown im April 1870 befahren.[1]) Seine Wiege hat er auf der Sierra Pacaraima und mündet nach einem Laufe von etwa 130 km unter 5° 21' n. B. und 58° 54 w. L. v. G. in den Essequibo. Nach Browns Berichten bildet er einen Wasserfall ersten Ranges, den „Kaieteur“, der einen ununterbrochenen Fall von 741 engl. Fuss (230 m) hat. Sein Wasser ist klar und schwarz.[2]) f) Der Mazaruni. Er ist grösstenteils ein Savannenfluss und hat seine Quelle auf dem Ayancaña-Gebirge. Seine Länge beträgt ungefähr 400 km (Neckar 370 km). Für die Schiffahrt ist er beinahe ganz verschlossen. Bei den Katarakten von „Cichi“ (in der Sprache der Macusi, „Sonne“ bedeutend), steigt er von 420 m auf 150 m auf einer Strecke von 13 km herab.[3]) Er ist ganz in Sand- und Granitsteine eingebettet und wird von Galeriewäldern begleitet. Sein Wasser ist krystallhell und schwarz.[4]) g) Der Marawar, ein Nebenfluss des in den Cuyuni mündenden Wenamu. Seine Vereinigung mit dem Wenamu erfolgt in der Nähe des Bergzuges Auran-tipu.[5]) h) Der Ekruyeku ist ebenfalls ein schwarzer Fluss, „der ziemlich die Breite des Wenamu und ganz das kaffeebraune Wasser des Rio Negro hat.“ [6])

Ein weiterer Schwarzwasserfluss Guayanas, der sich in den Atlischen Ocean ergiesst, ist der

3. Demerara, ein Parallelfluss des Essequibo. Die

[1]) Siehe Engl. Wochenschrift „Nature“ und Proceedings of the R. Geogr. Soc. of. London; Vol. XV N. II. [2]) Schomburgk, Rob., S. 52 u. 148. [3]) Reclus, Bd. 19 S. 20. [4]) Schomburgk, Rob.. S. 43 u. 68. [5]) Schomburgk, Rich., Bd. II S. 348. [6]) Ebenda, Bd. II S. 348.

Entfernung zwischen diesen zwei Flüssen beträgt nirgends kaum mehr als 18—20 Meilen, und die Wasserscheide zwischen beiden liegt näher dem Essequibo als dem Demerara. Seinen Ursprung hat letzterer Fluss auf dem Maccari-Gebirge, das sich unter dem 4° 28' n. Br. dem Essequibo nähert. Ebenso, wie sein Parallelbruder, hat sich der Demerara in seinem Ober- und Mittellaufe in das Urgebirge eingegraben und ist dabei bestrebt, auch die Windungen und Stromveränderungen desselben nachzuahmen. In seinem Unterlaufe ist er Tieflandsfluss und der Einwirkung der Ebbe und Flut so bedeutend unterworfen, dass das Fallen und Steigen des Stromes 50 km von Georgetown entfernt noch ungefähr 12 – 16 Fuss (4 – 5 m) beträgt.

Eine besondere Eigentümlichkeit des Flusses sind die „schwimmenden Grasinseln" an seiner Mündung, die Schomburgk vortreflich geschildert hat. Die Länge des Stromes beträgt 280 km, die ungefähr der des Lechs (260 km) oder der der Isar (270 km) gleichkommt. Die Breite an der Mündung beläuft sich auf 2—3 km. Auch der Demerara ist nur in seinem Unterlaufe (80 - 100 km) von grösseren beladenen Schiffen befahrbar, in seinem Mittel- und Oberlaufe bilden dagegen zahlreiche Stromschnellen und Fälle dem Verkehr ein fast unüberwindbares Hindernis. Von seiner Wasserfarbe sagt Robert Schomburgk: „Der Demerara hat in seinem Oberlaufe eine dunkle Färbung und ist in seinem Äussern bedeutend von dem schmutzigen Flusse verschieden, den er bei Georgetown bildet." [1]

Ein weiterer Schwarzwasserfluss Guayanas, der zugleich Hauptstrom ist, ist der

4) Berbice,[2] dessen Länge 560 km (vergl. Inn 520 km; Main 520 km) beträgt. Seine mittlere Wassermasse in der Sekunde beläuft sich auf ungefähr 500 cbm. Bei seiner Mündung ist er 5 - 6 km breit und 8—10 m tief. 100 km aufwärts ist er noch ebenfalls so tief und hat immer noch eine mittlere Breite von 2 km. Oft wird er auf dieser Strecke sogar „seeartig" und bietet der Schiffahrt günstige Verhältnisse. Vom 5° n. B. an bis zu seinem Ursprunge ist

[1]) Siehe Rich. Schomburgk Bd. II S. 102; Rob. Schomburgk, S 48, 51, 65, 150, 284; Reclus, Bd. 19 S. 27. [2]) Schomburgk, Rob., S. 193, 194, 196, 197, 204, 211, 214, 217, 294.

der Berbice dagegen fast unpassirbar. „Die Fahrt auf dem Flusse“, schreibt Rob. Schomburgk, „ist in dieser Gegend, wo Stromschnelle auf Stromschnelle und Fall auf Fall folgt, so schwierig, dass wir nach zweitägiger, höchst ermüdender Arbeit kaum 5 Meilen vom Itabru entfernt waren. Oft brauchten wir gegen zwei Stunden, um nur 180 m vorwärts zu kommen, wozu die vereinten Kräfte der ganzen Mannschaft erfordert wurden.“ Landschaftlich bietet aber der Fluss auf diesem Laufe herrliche Reize; namentlich der „Weihnachts-Katarakt“ soll nach Schomburgk seinesgleichen in dieser Beziehung suchen. Auch der Berbice fliesst in seinem Mittel- und Oberlaufe im Urgebirge dahin.

Die schwarzen Flüsse des Berbice-Systems sind:

a) Der Waironi. Ein direkter Nebenfluss des Berbice und etwa 120 km lang. Die Strömung in seinem Oberlaufe ist so stark, dass Rob. Schomburgk in 1 Stunde bei seiner Thalfahrt 12 km zurücklegen konnte. Bei der Aufnahme des Yawari ist der Waironi 15 m breit und 3 m tief. Die Wasserfarbe ist hier bedeutend dunkler als an der Mündung; gleichwohl ist sein Wasser auch dort noch „ziemlich schwarz und vollkommen klar.“ Bei seiner Vereinigung mit dem Berbice hat er bereits eine Breite von 90 m und eine Tiefe von 7–8 m. Zahlreiche Krümmungen sind seinem Laufe eigentümlich.[1])

b) Der Yawari. Er hat eine nördliche Laufrichtung, hellbraunes Wasser und ist ein Zufluss des Waironi von Süden her.[2])

c) Der Wañoka, ebenfalls ein Nebenfluss des Waironi; er ist bei seiner Mündung so gross wie der Waironi an dieser Stelle und ebenso schwarz.[3])

d) Auf Seite 290 seines Werkes erwähnt Robert Schomburgk ebenfalls einen Fluss, der schwarzes Wasser hatte, eine sehr bedeutende Strömung besass und wahrscheinlich zum Berbicesystem gehört.

[1]) Rob. Schomburgk, S 278, 282, 284, 288. [2]) Schomburgk, Rob., S. 282. [3]) Ebenda, S. 282.

e) Ferner berichtet Rob. Schomburgk:

„Während wir den Berbice hinaufstiegen, stiessen wir auf einen kleinen Fluss, der bei einer Breite von 15 Yards (28 m) sein schwarzes Wasser unter 4° 21' n. Br. in den Berbice ergoss, worauf er von „West bei Süd herfloss“. (pag. 262 und 264.)

5. Ein kleinerer Schwarzwasserfluss Guayanas, der in den Atlantischen Ocean sich ergiesst ist der

Canje. Seine Länge beträgt ungefähr 150 km. In seinem Oberlaufe ist er „ziemlich dunkel gefärbt und hat eine reissende Strömung, etwa 7 km in der Stunde.“ Zahlreiche Krümmungen sind ihm ebenso eigen wie seinen Parallelflüssen. Seine Mündung erfolgt unterhalb New-Amsterdam in den Atlantischen Ocean.[1])

6. Ein mächtiger Atlantic-Tributär ist wieder der

Corentyn, der ebenfalls ein Parallelfluss des Essequibo ist. „Der Corentyn“, schreibt Reclus, „ist bereits ein mächtiger Fluss, wenn er die Felsen passirt, wo sein westlicher Begleiter, der Berbice, entspringt.“ [2]) Er entsteht auf der Sierra Acarai, welche die Wasserscheide bildet zwischen dem Bassin des Amazonas und den zum Atlantischen Ocean fliessenden Guayana-Strömen. Bis zum 5° n. Br. fliesst er im Guayanischen Berglande dahin, für die Schifffahrt vollständig untauglich. Während der Regenzeit erhebt er sich hier 6—8 m über seinen normalen Wasserstand. Seine Strömung ist ziemlich stark, und seine Breite beträgt bei den Mavari-Monotopo-Fällen bereits 800 m. Die Wasserfarbe ist schwärzlich.

Der Unterlauf des Corentyn, vom 5° n. B. an, bewegt sich im lockeren, kieselartigen Konglomeratboden, untermischt mit rotem Sandstein, kleinen Körnern abgerundeten Quarzes, schieferhaltigem blauen Thon, lockeren Sandlagern etc. Die Flut ist 70 Meilen von der Mündung entfernt noch 30 Zoll hoch. Die Ufer sind meist niedrig; bei 5° 15' n. Br. hat der Fluss bereits eine Breite von 1200 m; 40 Meilen von der Mündung entfernt eine solche von 2 km im Durchschnitte. Die Mittelhöhe der Flut beträgt an der Mündung 2–3 m.

[1]) Schomburgk, Rob., S. 291. [2]) Reclus, Bd. 19 S. 20.

Die ganze Stromlänge des Corentyn beläuft sich auf 725 km (vergl. Weser 650 km), seine mittlere Wassermasse in der Sec. auf 1000 cbm.[1])

Der grösste Nebenfluss des Corentyn ist ebenfalls ein Schwarzwasserfluss; nämlich

der Cabalaba. Dieser ist an seiner Mündung, ungefähr unter dem 5. N. n. Br., 90 m breit, erweitert sich aber 6 Meilen weiter oben um ein Beträchtliches. Seine durchschnittliche Tiefe beträgt auf dieser Strecke 2—3 m. Der Oberlauf ist noch nicht befahren worden.

Wie sein Hauptfluss, der Corentyn, bildet auch er zahlreiche Windungen und Catarakte. Seine Ufer sind dicht bewaldet und bestehen aus Sandsteinen und Granit. „Der Cabalaba", schreibt Rob. Schomburgk, „erinnert mich wegen der Farbe seines Wassers, seiner zahlreichen kurzen Biegungen, seiner spitzen Sandbänke und der ähnlichen Fische, wozu auch der Stachelroche gehört, lebhaft an den oberen Rupununi."[2])

III. Die schwarzen Flüsse des Amazonen-Thales.

Herr Friedrich Katzer, früher Landesgeologe in Para, jetzt Landesgeologe in Sarajevo, hatte die liebenswürdige Güte, dem Verfasser zu schreiben: „Der Typus der Schwarzwasserflüsse Süd-Amerikas ist der Rio Negro im Staate Amazonas. Der in Südamerika, besonders im Amazonasgebiet allgemeine Sprachgebrauch bezeichnet jedoch als Schwarzwasserflüsse auch jene, deren Wasser im auffallenden Lichte dunkelgrün erscheint, wenngleich es viel klarer ist als die sog. ‚weissen' Flüsse. Vielleicht wollen Sie diese auch in den Kreis Ihrer Darstellung ziehen. Dann könnten Sie vom Tapajós, als den Typus eines solchen ‚schwarzen' Flusses ausgehen. Schwarzwasserflüsse dieser Art sind mehr oder minder alle Zuflüsse des Amazonas; dieser selbst aber ist ein ‚Hellwasserfluss'."

Die Ausscheidung zweier verschiedener Typen von Schwarzwasserflüssen, wie sie sich nach der dankenswerten Mitteilung des Herrn

---

[1]) Siehe: a) Rob. Schomburgk: 164, 165, 166, 168, 169, 170, 179, 180, 183, 203. b) Rich. Schomburgk: II. Bd. 476, 477, 478, 480, 481, 482. c) Reclus, Bd. 19 S. 27. [2]) Rob. Schomburgk, S. 173, 174.

Katzer ergibt, soll uns nun vorerst noch nicht beschäftigen, ebensowenig die etwaige verschiedene Ursache der Wasserfärbung, da ich diese zwei Punkte in einem späteren Abschnitte speziell einer näheren Prüfung unterziehen werde. Ich will in diesem Kapitel, ohne Rücksicht auf die Ursache der schwarzen Färbung, alle jene Flüsse als Schwarzwasserflüsse behandeln, die von wissenschaftlich gebildeten Reisenden als solche bezeichnet sind, und zwar werde ich nur diejenigen Gewässer näher in den Bereich meiner Abhandlung ziehen, bei denen eine schwärzliche Farbe ausser allem Zweifel steht. Freilich wäre die Anzahl der Amazonasschwarzwasserflüsse eine sehr erhebliche, ja fast alle derselben dürften, wenigstens zur Trockenzeit, wie wir später noch erfahren werden, eine Schwarzfärbung ihrer Fluten aufweisen; allein vorerst sind teils viele Flüsse bezüglich ihrer Farbe noch nicht näher untersucht, teils liegen so abweichende, ja oft sich widersprechende Aussagen darüber vor, dass bei ihrer zweifelhaften Kenntnis in dieser Hinsicht eine Behandlung an diesem Platze nicht thunlich erscheinen dürfte.

— — — — — — — — — — — — — — — — —

Betrachten wir nun jene Flüsse des Amazonasgebietes, die zweifellos in den Rahmen unserer Abhandlung gehören!

a) Die linksseitigen Schwarzwassernebenflüsse des Amazonas.

1. Der Trombetas. Die wissenschaftliche Erforschung dieses Stromes beginnt mit R. Schomburgk,[1]) der auf seiner Reise nach Guayana i. J. 1840—44 auch das Quellgebiet des Trombetas erforschte. Schomburgk sowohl, wie nach ihm Spruce und Pena[2]) und der Missionar Carmello Mazarino[3]) haben uns manch wertvolles Material über das Trombetasgebiet geliefert. Wichtiger noch für unsere Kenntnis sind die Untersuchungen des Stromes geworden, die Barboza Rodriguez[4]) in Gemeinschaft mit einer englischen Kommission, bestehend aus C. Barrington

[1]) Schomburgk Rich., II. Tl. S. 471. [2]) „Untersuchung einiger Nebenflüsse des Amazonas.“ (Zeitschrft. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. Bd 17 S. 389.) [3]) Ebenda. [4]) Exploraçáo e Estudo do Valle do Amazonas. Relatorio apresentado ao Illmo etc. Ministro e Secretario de Estado dos Negocios de Agricultura etc. por J. Barboza Rodriguez — Rio Trombetas, 39 S. Rio de Janeiro 1875 S. 1 Karte.

Brown, Trail und W. Lidstone[1]) im Jahre 1874 vornahm. Rodriguez verdanken wir auch eine kartographische Aufnahme des Trombetasunterlaufes und eine Beschreibung dieses Flusses.[2]) Freilich, manche Unrichtigkeiten der Rodriguezschen Karte, die auch den Unterlauf der Flüsse Nhamundá, Uatuma und Uruba darstellt, musste durch die neueren Forschungen korrigiert werden;[3]) verlässiger als sie sind deshalb auch die kartographischen Arbeiten von H. A. de Rosa, der eine „Karte des Staates Pará"[4]) zeichnete, sowie jene von José Verissimo,[5]) der sein grosses Material, das ihm zur Benützung stand, in der „Karte des Grenzgebietes der Staaten Pará und Amazonas" niederlegte. Die beste Karte vom Unterlaufe des Trombetas stammt von Friedrich Katzer.[6]) Katzer hat dieses Gebiet selbst gesehen und bereist. Bei Bearbeitung seiner Karte stützte er sich aber, wie er selbst angibt, vorzüglich auch auf die topographischen Arbeiten des belgischen Ingenieurs Haag und der französischen Ingenieure Le Blanc und Robert, die gelegentlich der Vorarbeiten zur Errichtung einer Telegraphenlinie von Obidos nach Faro (1890—1892) die Landschaft aufnahmen.

Für die geologische Kenntnis des unteren Trombetasgebietes ist die treffliche Arbeit von Orville A. Derby[7]) grundlegend geworden. Als weitere Erforscher dieses Stromes reihen sich noch an Ferolles[8]) und Crevaux,[9]) sowie Coudreau,[10]) welch letzterer 1899 die Frage des Mittellaufes endlich löste.

Gehen wir nun auf die Beschreibung des Flusses selbst ein!

Der Rio Trombetas entsteht aus den Quellflüssen Caphiwuin oder Apiniau und dem Wanamu,[11]) die beide reissende Gebirgsbäche mit

---

[1]) C. Barrington and W. Lidstone: Fifteen thousand miles on the Amazon and its tributaries, London 1878. [2]) Siehe: Zeitschrift der Ges. f. Erdk. zu Berlin, Bd. 17 S. 388 (mit Karte). [3]) Pet. Mittlg. Bd. 47 Jhrg. 1901 S. 49. [4]) Mappa do Estado do Pará 1892 (1:500000). [5]) Pará e Amazonas Questão de Limites 1899; Karte 1:125000. [6]) Pet. Mittlg. 1901; Tafel 4. [7]) Orio Trombetas (Boletin do Mus. Parense 1898 II p. 366 ff. [8]) und [9]) Reclus Bd. 19 S. 133. [10]) Voyage au Trombetas 7. aout 1899 - 25. November 1899. 4°. ill. a 68 vign. et 4 cartes, Paris, Lahure 1900. [11]) Schomburgk, Richard, II. Teil S. 471.

gelben, trübem Wasser und zahlreichen Fällen und Katarakten sind. Vom „Wanamu" schreibt Schomburgk: „Seine Strömung betrug ungefähr 1 1/2 Knoten in der Stunde, wobei sein Bett von mächtigen Granitfelsen durchbrochen wurde. Die Berge, an deren Fuss sich der Fluss hinwand, erreichten nur an einzelnen Stellen eine Höhe von 300 Fuss, desto höher aber stieg jeden Mittag die Hitze, da das Thermometer dann gewöhnlich 128° F. in der Sonne zeigte, obschon es am Morgen selten höher als 68° stand."[1])

Über die Fixierung der Vereinigungsstelle beider Quellflüsse gehen die Beobachtungen Schomburgks und Coudreaus auseinander. Ersterer gibt den Zusammenfluss des Apiniau und des Wanamu unter 1°2 1/2' n. B. an,[2]) letzterer unter 0,57'31" n. B.[3]) Diese Ergebnisse bedürfen noch einer sorgfältigen Nachprüfung. Wahrscheinlich hat sich Coudreau durch Barbozas Rodriguezschen Bericht beeinflussen lassen, der die Konfluenz annähernd unter den Äquator setzt.

Eine Aufnahme des Mittellaufes vom Rio Trombetas erfolgte erst, wie schon erwähnt, durch Coudreau.[4]) „In glänzender Weise hat jedoch", wie Ehrenreich schreibt, „dieser Forscher seine Frage nicht gelöst." Doch da bis jestzt eine Nachprüfung von Coudreaus Reiseangaben an Ort und Stelle noch nicht erfolgte, so sind meine Ausführungen über jene Flusstrecke einzig und allein auf diese angewiesen. Darnach fliesst der Trombetas über gewaltiges Sandsteingebiet und hat unzählige Stromschnellen zu überwinden.

Am besten sind wir über den Unterlauf des Rio Trombetas unterrichtet, der bei Porteiro beginnt und durch einen ruhigen Lauf ausgezeichnet ist. Der Fluss verlässt hier das Sandsteingebiet und gräbt sein Bett in alte Schiefer und Granit ein. Von links mündet in ihn der Fluss und See Jacaré; an seinem rechten Ufer liegt zwischen hügeliger Umgebung der Lago Tagagem. Bis hierher können ziemlich grosse Dampfschiffe gelangen, weiter aufwärts ist die Fahrt selbst auf Canoes mühsam und gefahrvoll.[5]) Vom Lago Aguofria bis zum Einflusse des Rio Erepecurú hat der Trombetas östliche Laufrichtung. Seine Ufer sind hier bald hügelig, bald flach, und dichte Galeriewälder begleiten den Strom. Zahlreiche Seen stehen ferner mit ihm in Verbindung, von denen der Lago Juquiry-açu, der Lago Aripeçu, der Lago Mucura und der Lago Batata die wichtigsten sind.

50 Meilen vom Amazonas entfernt mündet in ihn sein grösster Nebenfluss, der Erepecuru, welcher als Rio Cuminia selbst in den besten neueren Karten noch angedeutet erscheint, obwohl letztere Bezeichnung

---

[1]) Ebenda, S. 475. [2]) Ebenda, S. 474. [3]) Pet. Mittlg. 1900 S. 129. [4]) Coudreau, O., Voyage au Trombetas, Paris 1900. [5]) Zeitschrift d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, Bd. 17 S. 389.

lediglich dem östlichen Mündungsarm des Erepecuru zukommt. Der Erepecuru läuft parallel mit dem Trombetas und hat klares, sehwarzes Wasser. Sein Bett ist gleichfalls in Granit und Sandstein eingegraben und von zahlreichen Cachoeiros, von denen nach Rodriguez der Cajual, Tremeterra und Inferno die wichtigsten sind, unterbrochen. An seiner Mündung bildet er ein Gewirr von Seen, Kanälen und Inseln, so dass man glauben möchte, ein Riesenstrom Amerikas habe hier sein Delta. Zur Hochwasserzeit steht der Erepecuru in unmittelbarer Communication mit dem Amazonas.

Von der Mündung des letztgenannten Nebenflusses an schlägt der Trombetas südliche Richtung ein, die er auch beibehält bis zu seiner Vereinigung mit seinem Hauptstrome. Er durchfliesst anfangs immer noch das Granit- und Sandsteintafelland, dessen Ränder jetzt oft bis an das Flussufer herantreten. „Wo diese aber zurückweichen," sagt Katzer,[1] „breiten sich im Raume zwischen ihnen und dem Fluss Lagos (Seen) aus, welche, wie die Karte zeigt, jetzt den ganzen Unterlauf fast ununterbrochen begleiten und eine charakteristische Eigenheit desselben vorstellen." Sie sind nichts anderes als Ausweitungen des Flusses, hängen vielfach miteinander zusammen und bilden zur Hochwasserzeit sehr ausgedehnte Wasserflächen, wie namentlich am Nord- und Ostfusse der Serras do Sapucua. Flussaufwärts werden die „Seen" in der Regel von langgestreckten, zuweilen nur wenige Meter breiten Varzeastreifen begrenzt, welche das eigentliche Flussbett wie Uferwälle einsäumen und kanalartige Durchlässe vom Flusse in die Seen freilassen. Zuweilen breiten sich die Varzeastreifen mehr aus und zerteilen sich in Inseln, welche bezeichnenderweise immer in einer Reihe hintereinander liegen. Viele sind bewachsen und daher in ihrer Gestalt und Lage weniger veränderlich als jene, die erst Schlamm- und Sandbänke sind."

Die Entstehung dieser Uferwälle denkt sich Katzer folgendermassen:[2]) Zur Regenzeit werden grosse Mengen Sandes und Thones von dem Tafellande herabgeschwemmt. Vom gleichzeitig anschwellenden Strom wälzen sich die Fluten zu den höheren Uferböschungen hin und bewirken durch ihren Druck, dass die vom Uferland herabströmenden Gewässer ihre Sinkstoffe niederschlagen und sich zunächst zu subaquatischen Wällen anhäufen, welche immer höher und höher werden und Igapó und Varzealand bilden können. Ist die Hochwasserzeit vorüber und sind die Flüsse des Tafellandes dann zurückgetreten, so beginnt der Trombetas nun seine Arbeit, die Sinkstoffanhäufungen parallel zum Stromstriche zu ordnen. Die Stauwasser werden infolgedessen hinter diesen nun gebildeten Stromwällen abgeschlossen, wodurch jene zahllosen

[1]) Katzer, Pet. Mittlg. Bd. 47 S. 50. [2]) Pet. Mittlg. Bd. 47 S. 51.

Seen erzeugt werden, die genetisch vollständig verschieden sind von jenen anderer Amazonaszuflüsse (wie Araguaya, Purus etc.), welche nur abgeschnürte, ehemalige Stromschlingen vorstellen.

Bei der Aufnahme des Sapucua verlässt der Trombetas das Tafelland, betritt nun junges Anschwemmungsgebiet und bildet zugleich sein grosses Delta; das durch seinen sumpfigen Charakter eine wahre Miasmenbrutstätte ist, wodurch der Fluss durch seine mörderischen Fieberepidemien berüchtigt wurde.[1] Hier ist auch die klassische Stelle der bras. Sage, wo Orellana 1540 den Kampf mit den kriegerischen Weibern bestanden haben will, dem der „Rio das Amazonas" seinen Namen verdankt.[2]

Die Mündung des Trombetas liegt nur 18,4 m über dem Meere;[3] die Vereinigung seiner beiden Quellflüsse 132 m;[4] die Länge des ganzen Stromes beträgt ungefähr 570 km,[5] die Grösse des Stromsystems 123000 qkm.[6] In der Sekunde wirft der Trombetas 1500 cbm Wasser in den Amazonas.[7]

Die Indianer nennen den Fluss „Oriximia", ein Name, der oft in selbst bedeutenden Kartenwerken für „Trombetas" gebraucht ist.

In seinem Oberlaufe ist der Trombetas durch Detritusmassen getrübt;[8] wie seine Wasserfarbe im Mittellaufe ist, ist unbekannt, dagegen ist er von Porteira an nach Rodriguez ein echter Schwarzwasserfluss mit „klarem, schwarzen Wasser."[9]

2. Der Rio Negro.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, war es Orellana, der 1540 als der erste europäische Forscher den Amazonas hinauffuhr und an die Mündung des Rio Negro kam. Hundert Jahre später, 1639, berichten uns zwei Jesuiten, Christoval de Acuña und A. Artedia ebenfalls von diesem Strome.[10] Genauere Kenntnis des Rio Negro verdanken wir aber erst D'Anville. Zwar zeigt seine erste, aus dem Jahre 1750 stammende Karte von Südamerika den Orinoko noch als einen Arm des Caqueta, aus dem der Rio Negro unmittelbar entspringt; aber schon in einer zweiten Ausgabe des Blattes zeichnete D'Anville den Cassiquiare als Bifurkation zwischen Orinoco und Rio Negro, wahrscheinlich auf den

---

[1]) Pet. Mittlg. Bd. 47 S. 51. [2]) Ehrenreich, Verhdlg. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, Bd. 17 S. 160. [3]) Pet. Mittlg. Jahrg. 1901 S. 51. [4]) Pet Mittlg. Jahrg. 1900 S. 130 [5]) Reclus, Bd. 19 S. 147. [6]) Ebenda. [7]) Ebenda. [8]) Schomburgk, Rich., 2. T. S. 475. [9]) Zeitschr. d. Ges. für Erdk. zu Berlin, Bd. 17 S. 390. [10]) Humboldt, A., Bd. 4 S. 43.

Nachrichten des Jesuitenpaters Manuel Ramon fussend, der 1744 den Oberlauf des Rio Negro kennen lernte und auf dem Cassiquiare zum Orinoco vordrang.[1]) Nun erscheinen in kurzen Zwischenräumen mehrere Beschreibungen und Karten der Flussysteme Südamerikas, besonders des Amazonas und Orinoco.[2]) Auch sie haben unsere Kenntnis von der Entwickelung und dem Laufe des Rio Negro in jeder Hinsicht gehoben, aber trotzdem gaben sie noch kein zuverlässiges Bild von diesem Flusse.

Da betrat um das Jahr 1799 Alexander v. Humboldt den südamerikanischen Boden. Mit ihm begann eine neue Epoche in der Erforschung des südamerikanischen Kontinentes: an Stelle gelegentlicher Beobachtung trat jetzt eine auf wissenschaftlichen Prinzipien ruhende Forschung,[3]) und damit werden auch die Nachrichten über den Rio Negro reichlicher und sicherer. Er selbst nahm einen Teil vom Oberlaufe des Stromes auf und gab eine meisterhafte Beschreibung von demselben. 1819 sodann erforschte der Reisende Spix den Fluss aufwärts bis Barcelles;[4]) 1838 befuhr Rob. Schomburgk den Mittellauf desselben.[5]) Wallace endlich zeichnete nach einer vierjährigen Reise (1848—52) den ganzen Lauf des Flusses, so, wie wir ihn im allgemeinen auf unseren Karten heute noch finden.[6])

Freilich, es blieb noch manches zu berichtigen und manches zu ergänzen. Namentlich in der Darstellung der Nebenflüsse des Rio Negro waren Wallace verschiedenerlei Ungenauigkeiten, ja Unrichtigkeiten unterlaufen Die neueste Zeit hat das Verdienst, völlige Klarheit geschaffen zu haben. 1881 erforschte Payer den Rio Branco, den grössten linksseitigen Nebenfluss des Rio Negro,[7]) der schon 100 Jahre vorher durch Silva da Pontes und Ameida[8]) befahren worden war. Vor-

---

[1]) Pet. Mittlg. 1900 S. 125. [2]) Die wichtigsten: 1. Die Karte von La Cruz Olmedilla und Survilla (1775). 2. Carte génerale de la Guayana (1798) [3]) Günther, S., Entdeckungsgeschichte und Fortschritte der wissensch. Geogr. im 19. Jahrhundert, Berlin 1902 S. 112. [4]) Spix und Martius: „Reise in Brasilien 1831". [5]) Schomburgk, Robert: „Reisen in Guiana und am Orinoco 1835—39". [6]) Wallace, On the Rio Negro Journ. R. G. S. Vol. 23, 1853 p. 212. [7]) Pet. Mittlg 1884 S. 395. [8]) Schichtel: „Der Amazonenstrom" S. 69.

zügliche Beiträge zur Geographie des Rio Negro verdanken wir auch der brasilianisch-venezuelanischen Grenzkommission.[1] Die Arbeiten derselben erfolgten unter Leitung des Brasilianers Fr. Lopez de Arauha. Die Kommisson lehrte uns den Hauptquellfluss des Rio Negro, den Rio Guainia, sowie mehrere Zuflüsse desselben kennen.

Auch Coudreau,[2] L. Agassiz,[3] Barrington Brown,[4] Georg Hübner,[5] Ihre Kgl. Hoheit, Prinzessin Therese von Bayern[6] und noch zahlreiche andere Reisende und Forscher trugen dazu bei, die Kenntnis über diesen Fluss zu erweitern. —

Nun eine kurze Betrachtung dieses Stromes!

In seinem Oberlaufe bis zur Aufnahme des Cassiquiare führt der Rio Negro den Namen Guainia. Sein Ursprung liegt nicht, wie man früher annahm, auf den Anden Columbiens, sondern auf den Cerros Yimli, einer Höhenstufe der Amazonasebene, die vom Äquator bis gegen den Guaviare nordwärts zieht. Dort entstehen nahe beieinander noch der Isana, der Codiari und der Yaupes.[7]

Der Guainia beschreibt einen grossen Bogen nach Norden und ist vollständig in Granit eingebettet. „Was den Guainia im Oberteil seines Laufes vorzüglich auszeichnet," sagt Humboldt, „ist der Mangel an Krümmungen: er stellt sich als ein breiter, in gerader Linie durch eine dichte Waldung gezogener Strom dar; so oft er seine Richtung ändert, bietet er dem Auge Aussichten von gleicher Länge dar. Die Ufer sind hoch, aber eben und selten felsig. Der von ungemein starken Quarzadern durchzogene Granit geht meist nur in Mitte des Flussbettes zu Tage. Die Flussgestade sind öde.[8] Der ganze Oberlauf bewegt sich auf einer Meereshöhe von 390—570 m, und die Breite des Stromes schwankt zwischen 0,4 und 0,8 km. Bei der Schanze San Agostino ergab Humboldts Messung eine solche von 569 m.

Der Guainia hat eine Menge von Cascaden und Stromschnellen zu

---

[1]) Eine eingehende Darstellung dieser Arbeiten hat Lopez in einem Bericht von 80 grossen Quartseiten an das Ministerium niedergelegt, welcher in dem „Relatorio apresentado a assemblea general legislativa pelo ministro dos negocios estrangeiros Francisco de Carvalho Soares Brandao" (Rio de Janeiro 1884) abgedruckt ist. [2]) Coudreau, La France équinoctiale, Paris 1887 Bd. 2. [3]) Agassiz, A journey in Brazil, Boston 1875. [4]) Barrington Brown, Quart. Jour. Geol. Soc. London 1879, Vol. 35 pl. 38. [5]) Hübner, Georg: „Nach dem Rio Branco". (Deutsche Rundschau, S. 14—21; 306—313; 20. Jahrg. 1898.) [6]) Kgl. Hoheit Prinzessin Therese von Bayern: „Meine Reise in den brasilianischen Tropen". 8°, 544 SS., mit 2 Karten, 4 Tafeln, 18 Vollbildern und 60 Textabbildungen. Berlin, D. Reimer, 1897, S. 82—104; 121—145. [7]) Sievers: „Amerika", S. 82. [8]) Humboldt, Bd. 3 S. 264.

überwinden, hervorgerufen durch gewaltige Granitblöcke. Sein Wasser ist tintenschwarz, klar und durchsichtig und zeigt eine mittlere Temperatur von 28—29°.

Oberhalb San Carlos mündet der Cassiquiare in den Guainia. Von hier bis zur Mündung des Rio Branco erstreckt sich der Mittellauf des Rio Negro.

Bei San Carlos hat der Guainia bereits eine Breite von 1100 m.[1]) Er erweitert sich immer mehr und verfolgt bis zur Mündung des Yaubes eine südliche Richtung. Seine Ufer sind hier wenig bewohnt und grösstenteils von Wäldern begleitet. Bei San Joao Baptista de Mabi erweitert er sich bis zu 1600 m[2]) und wird von da an durch Inseln und zahlreiche Felsrippen in eine Menge Kanäle geteilt. Namentlich von der Mündung des Yaubes an, wo er durch die fast 1000 m hohen Bergrücken der S. do Cabary, S. do Uanary und Sa Curicuriary gezwungen wird, bis zur Mündung des Rio Blanco nach Südosten zu fliessen, zeigt er seine grösste Zerrissenheit. Granitinseln, Catarakte und verborgene Klippen wechseln hier in unendlicher Kette einander ab.[3]) In der Nähe des Dorfes Wanawacca[4]) hat er schon eine Breite von 4 km während seine Tiefe von 3 m bis auf einige Zoll wechselt. Weiter nach Osten erweitert sich der Fluss immer mehr. Bis zur Mündung des Padaviri hat er eine durchschnittliche Breite von 10—12 km, an manchen Stellen erreicht er eine solche sogar von 20 km. Seine grösste Breitenausdehnung besitzt er unterhalb Barcellas, nämlich über 30 km.[5])

Vom Rio Branco an, dessen weisse Wasser den grössten Kontrast beim Zusammenflusse mit dem schwarzen Rio Negro bilden,[6]) beginnt der Unterlauf des Rio Negro. Die Ufer werden nun flach und sandig und der Strom verlässt das Granitgebiet. Zur Hochwasserzeit, vom April bis zum August, werden die Inseln, die jetzt nicht mehr, im Gegensatze zu den Restinseln des Granitgebietes, aus Felsen bestehen, sondern sämtlich zu den Anschwemmungsinseln gehören, unter Wasser gesetzt.[7]) Der Fluss bildet, sagt Reclus, wie die canadischen Flüsse, mehr die Fortsetzung eines Sees, als die eines Flusses. Er hat oft eine Breite von 25 km und seine Strömung ist ausserordentlich schwach. Mit Recht bezeichnen ihn die Indianer, wie uns Reclus ebenfalls berichtet, im Gegensatze zu dem reissenden Amazonas als den „toten" Strom.[8])

---

[1]) Schomburgk, Rob. S. 477. [2]) Schomburgk, Rob. S. 482. [3]) Günther, Geophysik II. Bd. S. 918; Schomburgk, Rob.; S. 489, 490; 488. [4]) Schomburgk, Rob. S. 488. [5]) Ebenda S. 498. [6]) Reclus, Bd. 19 S. 126; Pet. Mittlg. 1884 S. 395; Rob. Schomburgk S. 498. [7]) Coudreau Bd. II pag. 121. [8]) Reclus, Bd. 19 S. 126

Dasselbe berichten auch Spix, [1]) Agassiz etc [2]) Die Annahme Spix', [3]) „dass der Rio Negro hier aus einem System von grossen Binnenseen entstanden sei, das erst durch die Beiflüsse die Natur eines selbständigen Stromes angenommen hat", ist wohl nicht notwendig; denn die ganze Flachheit des Gebietes lässt eine solche Ausdehnung des Flusses zu, ohne dass man hier auf die Hypothese von Spix greifen muss.

Nach Condamine beträgt die Breite des Rio Negro an der engsten Stelle bei Manaos 2350 m, [4]) und der Amazonas fliesst hier in den Rio Negro zurück. Beide Flüsse werden hier durch 9—10 m hohe Anschwemmungsprodukte auf eine weite Strecke lang an ihrer Vereinigung gehindert. Die Tiefe des Rio Negro schwankt hier zwischen 30—50 m. [5])

Nach Klöden [6]) beträgt die ganze Rio Negro-Länge 2329 km, der Quellenabstand 1810,5 km, sein Stromgebiet 721 324,3 qkm. (Als Vergleich diene die Donau, ebenfalls nach Klödens Berechnung: Länge 2745 km; Quellabstand 1632 km; Stromgebiet 816 984 qkm.) Der Rio Negro kann 750 km von der Mündung an mit grösseren Dampfern befahren werden, während Segelschiffe von 100 Tonnen den Verkehr aui ihm und seinen Nebenflüssen, Rio Branco, Yaubes, Cassiquiare u. a. nicht nur auf bras. Gebiet, sondern auch bis nach Venezuela und Columbia hinein vermitteln. Die Statistik zählt jährlich ungefähr 750 Dampfer und 1100 kleinere Fahrzeuge. [7])

Auf seinem Wege durch das Granitgebiet (Ober- und Mittellauf) hat der Rio Negro, wie die Reisenden berichten, klares, schwarzes Wasser, auf seinem Unterlaufe dagegen, im sandigen Gebiet des Amazonas, sind seine Fluten durch Beimengung von Sedimenten getrübt. „Die Farbe", schreibt Wallace, „wechselt an Intensität in verschiedenen Teilen seines Laufes. Im unteren Teil ist das Wasser leicht olivfarben durch Beimengung von Sedimenten, höher hinauf, in dem felsigen Distrikt, ist die Färbung viel reiner und durchsichtiger." [8]) Ihre Kgl. Hoheit Prinzessin Therese schreibt davon: „Die Farbe des Rio Negro ist ein schönes Bernsteingelb, scheint jedoch, wo das Wasser tiefer ist, undurchsichtig schwarz und hat hiedurch dem Strom seinen Namen gegeben." (S. 82.)

---

[1]) Martius, Bd. III S. 1292, 1296. [2]) L'Agassiz. A journey etc. Boston 1875 p. 185. [3]) Martius, Bd. III. S. 1296. [4]) De la Condamine. Relation d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amerique Meridionale. Maestricht 1878. (pag. 114.) [5]) Kgl. Hoheit, Prinzessin Therese von Bayern Reise etc. S. 82. [6]) Geogr. Jahrb. 20. Bd. S. 401. [7]) Reclus, Bd. 19 S. 147. [8]) Wallace, On the Rio Negro. Journ. R. G S. Vol. 23. 1853.

Das ganze Rio Negro-System ist, wie die zahlreichen Reiseberichte ergaben, reich an „schwarzen" Gewässern. Wir erwähnen hier nur die bekanntesten. Dieselben sind auf der linken Seite:

a) der Pimichin.[1]) Er entsteht auf der „Bodenschwelle", die sich zwischen dem Amazonas- und Orinocosystem von N.-O. nach S.-W. hinzieht. Von seinem Mittellaufe schreibt Humboldt: „Der Pimichin ist hier ein Bach (Caño), der so breit wie die Seine, der Galerie der Tuillerien gegenüber, ist; aber kleine, gern im Wasser wachsende Bäume, Corossols (Anona) und Achras, engen sein Bett so ein, dass nur ein 30 bis 40 m breites Fahrwasser offen bleibt. Er gehört mit dem Rio Ghagre zu den Gewässern, die in Amerika wegen ihrer Krümmungen berüchtigt sind. Man zählt deren 85, wodurch die Fahrt bedeutend verlängert wird. Sie bilden oft rechte Winkel und liegen auf einer Strecke von 9 bis 13 km hintereinander." Die Strömung des Pimichin beträgt hier 664 mm in der Sekunde. Die Ufer sind niedrig, aber felsig (Granit). Der Fluss ist das ganze Jahr schiffbar."

Da die Entfernung von Yavita am Temi bis zum Pimichin nur ungefähr 15 km beträgt, so könnte diese Stelle von grösster wirtschaftlicher Bedeutung werden, wenn man, wie bereits Humboldt den Vorschlag machte, statt des Trageplatzes einen Kanal vom Atabapo zum Pimichin errichten würde. Die Fahrzeuge gingen dann von San Carlos nicht mehr über den Cassiquiare, der eine Menge Krümmungen hat und wegen der starken Strömung gerne gemieden wird. Die Bergfahrt wäre über den Caño Pimichin um die Hälfte kürzer.

Das Wasser des Pimichin ist klar und schwarz. Auch der grösste Teil seiner Zuflüsse zeigt die gleiche Erscheinung.[2])

b) der Caño Caterico, ein Zufluss des Cassiquiari. Er hat ein schwarzes, ungemein durchsichtiges Wasser.[3])

c) der Pacimoni. Seinen Lauf hat die Venezolanisch-Brasil. Grenzkommission einigermassen festgestellt. Er entsteht aus dem Baria und dem an der Vereinigungsstelle mit dem Baria 150—300 m breiten Jatua, der aus der Serra Imery kommt, und heisst dann Pacimoni. Er mündet unter

[1]) Siehe Humboldt, Bd. III S. 231, 230, 243. [2]) Humboldt, Bd. III S. 231. [3]) Humboldt, Bd. IV S. 23.

letzteren Namen bei Buena Vista in den helleren Cassiquiare.[1]) Nach Robert Schomburgk hat er dort eine Breite von 560 m und eine schwarze Wasserfarbe.[2])

d) Fast alle Flüsse des linken Rio Negro-Systems, vom Cassiquiari an bis zum Rio Blanco, sind ebenfalls schwarz. Sie wurden, wie der Pacimoni, von der Venezuelanischen-Brasilianischen Grenzkommission festgestellt. Dieselbe fuhr den Guainia abwärts bis zur Mündung des Rio Dimity, dann diesen aufwärts, überschritt unter grossen Beschwerden die Wasserscheide zwischen diesem und dem Ica-Fluss, und erreichte dessen Mündung in den Cauabury unter 0°13′24,9″ n. Br. und 66° 18′52,5″ w. G. Von hier zog die Expedition den starkströmenden, steile Ufer führenden Cauabury hinauf und erreichte am 12. März den Maturacá-Kanal, der sich hier am Fusse der wahrscheinlich aus Sandstein bestehenden pittoresken Serea Onory mit einem heftig strömenden Nebenflusse von schwarzer Farbe vereinigt. Der Kanal Maturacá fliesst zwischen Steilufern zwischen der Serra Onora auf dem rechten, der Serra Pirapucu auf dem linken Ufer. Am 27. März erreichte man den interessantesten Punkt der Reise, nämlich eine Bifurkation. Der Rio Bahiua nämlich, welcher auf der Serra Imery zu entspringen scheint, teilt sich in zwei Arme, von denen der eine durch den erwähnten Kanal Maturaca und den Rio Canabury in den Rio Negro, der andere durch den Kanal Ocuene in den Bariafluss, von hier in den Pacimoni und so in den Cassiquiare mündet, so dass also der Orinoco nicht allein durch den Cassiquiare selbst, sondern auch durch den in den Cassiquiare mündenden Pacimoni-Baria und den Cauabury mit dem Rio Negro in Verbindung steht. Auch scheint ferner noch ein in den Maturacá oberhalb des 6 m hohen Katarakts von Hua einmündender Arm aus dem Erubichy zu kommen, der seinerseits wieder in den Baria mündet, so dass eine zweite Bifur-

---

[1]) Zeitschrift der Ges. f. Erdk. z. Berl. 1887. S. 2. (Siehe auch Karte.) [2]) Schomburgk Rob. S. 474. — Humboldt, S. 12. IV. Bd.

kation vorliegt. Endlich sendet der Bahiua schon vor der Abzweigung des Maturacá den Mariciuêni noch den Baria zu.

Die auf diese Weise zwischen dem Rio Negro, dem Cassiquiare, dem Pacimoni-Baria und dem Maturacá-Cauabury befindliche grosse Insel haben die Brasilianer Ilha-Pedro II genannt. Ihre Ausdehnung von Süd nach Nord beträgt etwa 260 km, ihre Breite im nördl. Teil 50, im südlichen bis 120 km, hat also etwa die Grösse Hollands.

Sämtliche obengenannte Flüsse, mit Ausnahme des Cassiquiare, haben klares, schwarzes Wasser und sind mit wenigen Ausnahmen langsam strömende Gewässer.[1]

e) Der Rio Preto, ein grosser linksseitiger Zufluss des Rio Negro, der aber bis jetzt noch nicht befahren wurde und von dem nur seine Mündung und sein Nebenfluss Padauiry bekannt ist.[2]

f) Der Mahu. Er ist ein Nebenfluss des Takuta und kein bedeutender Fluss. Bei seiner Mündung in den Takuta hat er 210 m, weiter oberhalb 170 m Breite. An seinem rechten Ufer liegt ein kleiner See, mit dem er in Verbindung steht: nahe den Quellen mündet in ihn der Ukiripa, welcher zwischen der Serra Urumbaru im Süden und Tipiren und Tauairen im Norden fliesst.[3] Nach Richard Schomburgk bildet der Mahu herrliche Wasserfälle und durchfliesst malerische, aber unfruchtbare Thäler. Während der Regenzeit trägt er namentlich zu den Überschwemmungen der Savañen bei, was zur Folge hat, dass sich die Gewässer zweier Flüsse, die ganz verschiedenen Flussystemen angehören, mit einander vermischen.[4] (Mit dem Essequibosystem.) Der Mahu hat eine ziemlich bedeutende Strömung. Die Macusis nennen ihn Ireng.[5] Sein Wasser ist kaffeebraun.[6]

g) Der Tacutu. Seine Quellen sind noch nicht bekannt. Sie liegen nach Rob. Schomburgk wahrscheinlich in dem Vindiaugebirge, 6 Tagereisen von dem Ursatogebirge

[1]) Zeitschrift der Ges. f. Erdk. zu Brl. 1887 S. 2. [2]) Ebenda, S. 3. [3]) Ebenda, S. 4 u. 5. [4]) Schomburgk, Rich.; Reisen etc. II. Tl. S. 11. [5]) Schomburgk, Rob.; S. 361. [6]) Schomburgk, Rich., S. 11 II. Tl. — Humboldt: „Ansichten der Natur“ S. 49.

entfernt.[1]) Bis zur Aufnahme des Mahu hat er eine fast nördliche Richtung. Auf dieser Strecke hat er eine schwarze Wasserfarbe.[2]) Genaue Aufnahme des Flusses vom Fort de S. Joaquim bis zum Mahu erfolgte erst 1882 durch die Venezol.-Bras. Grenzkommission.[3])

h) Der Sawara-auuru, ein Zufluss des Takútú, hat ebenfalls schwarzes Wasser.[4]) Er wurde noch nicht befahren, sondern nur von Rich. Schomburgk an ein paar Stellen überschritten.[4])

Die bekannten Schwarzwasserflüsse des Rio Negro-Systems auf der rechten Seite des Rio Negro sind:

a) Der Isaña. Robert Schomburgk schreibt über ihn: „Er kommt aus Nordwest und West von dem Tunuhui-gebirge. An seiner Mündung ist er 250 Yards breit (460 m); sein Wasser ist schwarz."[5]) Schomburgk hat den Fluss nur an seiner Mündung gesehen. Die übrigen Angaben des Flusslaufes etc. scheinen auf Erkundigung zu beruhen. Auch die Venezol.-Bras. Grenzkommission hat nur einen kleinen Teil dieses Flusses festgestellt.[6])

b) Der Uaupes.*) Er ist der grösste Nebenfluss des Rio Negro mit schwarzem Wasser. Man hielt ihn früher für den Hauptquellfluss desselben und verlegte seine Wiege an den Ostrand der Anden.[7]) Sein Ursprung liegt aber ungefähr unter derselben Länge wie der des Guaviare und Ynirida.[8]) 1854 wurde der Uaupes vom Jesuiten Cordeira bis zu seiner Quelle verfolgt, seitdem haben nur wenig Reisende, wie Wallace, Stradelli, Coudreau,[9]) G. Coppi und A. Colini,[10]) den Fluss besucht. An seiner Mündungsstelle hat er nach Wallace eine Breite von 2 km. Von der

---

*) Auch Yaupes und Yaubes

[1]) Schomburgk Rob., S. 351. [2]) Schomburgk Rich., II. Tl. S. 102. [3]) Zeitschr. der Ges. f. Erdkunde z. Brl. 1887 S. 4. [4]) Schomburgk Rich., II. Tl. S. 103. [5]) Schomburgk Rob., S. 482. [6]) Zeitschr. der Ges. f. Erdk. z. Brl. 1887. S. 2. [7]) Wallace, Travels; S. 418. [8]) Montolieu. L'Ynirida. Bull. S. G. Ser. 6. F. 19. S. 289. [9]) Reclus; Bd. 19. S. 127. — Globus 1890. S. 248. [10]) Boll. della Soc. Geogr. Ital. 1885 Nr. 3. — Pet. Mittlg. Hft. VIII. S. 310.

Mündung des Uaupes schreibt Schomburgk: „Unmittelbar unter San Joaquim teilt sich der Uaupes in zwei Arme und bildet dadurch eine kleine Insel von 5 Meilen Länge. Die Breite des Uaupes beträgt an seiner Mündung in dieser Jahreszeit 300 Yards; seine Strömung ist bedeutender als die des Rio Negro, $1^1/_2$ Meilen in der Stunde; sein Wasser ist schwarz."[1]) Von seiner Mündung 210 km weit aufwärts ist er nach Wallace durch einen ruhigen Lauf ausgezeichnet. In seinem Oberlaufe hat er dagegen, wie der Rio Negro, unzählige Cascaden und Stromschnellen über Granitfelsen zu überwinden, von denen einige Fälle 2—3 m Höhe besitzen.

c) Nach Wallace und Schichtel sind alle Nebenflüsse des Rio Negro auf seiner S.-Seite, oberhalb seiner Mündungsarme, die mit dem Amazonas communiciren, schwarz.[2])

3. Der Caqueta-Japura.

Er ist kein Schwarzwasserfluss in seinem ganzen Laufe, sondern nur ein kleiner Flussabschnitt von ihm zeigt die Farbe des Rio Negro. „Von Arara-Coara bis zu den Fällen von Cupati hat er eine schmutzig grüne Farbe," schreibt Martius; „bei S. Joâo selbst wird diese fast in das Kaffeebraun des Rio Negro verändert, indem eine Menge brauner Bäche und Canäle sich mit ihm vermischen." Martius[3]) hat den Strom bis zu den Araraquara-(Araracoara) Fällen befahren; Creveaux[4]) verfolgte ihn von den Anden bis zur Mündung. Er ist ein echter Niederungsfluss und durchfliesst grösstenteils Sandsteingebiet. Von einer ausgedehnten Granitmasse, die er ebenfalls nach Martius durchbrechen soll, erwähnt Crevaux nichts. Seine Länge beträgt 1400 km (Rhein 1320 km). Er entsteht als Rio Capueta in der columbianischen Centralkordillere in der Höhe von 4000 m aus zwei Quellflüssen und bildet, obwohl er nur 150 m Höhenunterschied zwischen dem Fusse der Anden und der

[1]) Schomburgk, Rob, S. 43. [2]) Schichtel, S. 70. [3]) Spix und Martius. Bd. II. S. 1197—1290 [4]) Crevaux, voyages pag. 353—376. Fleuves de l'Amérique du Sud.

Mündung zu überwinden hat, doch vier grössere und viele kleinere Fälle, besonders bei der Überquerung der Aracuara-Höhen unter 73° und der äussersten Randstufe unter 69½ w. B. Die Breite des unteren Japura gibt Crevaux mit 1800—2000 m an; die Tiefe fand Herndon (pag 398) etwa 1 km oberhalb der Mündung zu 17 m.

Von seinen schwarzen Zuflüssen erwähnt Martius den Vanaracu. „Eine halbe Legoa oberhalb Maripi passirten wir an dem schwarzen und kühlen Vanaracu, einem Paranamirim, der nach den Indianern der Ausfluss des grossen Sees Ayamá ist und sich weit gegen Norden hinziehen soll.[1])

4. Der Tonantins. Bis jetzt ist nur seine Mündung bekannt. Er mündet beim Orte Tonantins, etwas unterhalb der Ica-Mündung in den Amazonas. Er ist von undurchdringlichen Urwäldern begleitet und erstreckt sich nördlich und nordwestlich in den Wald hinein, wo er mit einem Arm des Rio Japura zusammenhängen soll.[2]) An der Mündung ist er 100—200 Schritt breit. Sein Wasser ist schwarz.[3])

5. Der Rio Içа oder Putumayo. Er hat fast in seinem ganzen Laufe den Charakter der Niederungsflüsse und ist infolgedessen von seiner Quelle bis auf einige Tagreisen oberhalb seiner Mündung mit Detritusmassen geschwängert. Auf dieser Strecke hat er trübgelbe Farbe. Sobald der Içа aber sich seiner Detritussubstanzen entledigt hat und in die Thonebene des Marañon kommt, hat er schwärzliche Fluten.[4]) Reyes[5]) hat den Fluss zuerst von der Quelle bis zur Mündung befahren und die erste Compass-Aufnahme seines Laufes gemacht. Simson[6]) und Crevaux[7]) geben eingehende Schilderungen über die allgemeinen Verhältnisse dieses Flusses. Darnach soll er sich durch das Fehlen von Stromschnellen und Catarakten und

[1]) Martius, S. 1212. [2]) Ave-Lallemant: „Reise durch Nord-Brasilien;" II. Tl. S. 218—219. [3]) Bates, S. 391. [4]) Spix u. Martius; pag. 1186, pag. 1192. [5]) Verh. d. Ges. f. Erdk. Bd. 4. 1877. [6]) Proc. R. G. S. Bd. 21. 1876—77; p. 570 f. [7]) Crevaux; Les fleuves de l'Amérique du Sud. Paris 1883. Crevaux; Voyage dans l'Amérique du Sud. p. 325—349.

durch den Mangel an bedeutenden Nebenflüssen wesentlich von den anderen Nebenflüssen des Amazonas unterscheiden. Er wird bis nach Cuemby, in gerader Linie etwa 1000 km von seiner Mündung entfernt, mit Dampfern befahren. Seine Breite beträgt etwas oberhalb der Mündung 500 - 700 m.

b) Die rechtsseitigen Schwarzwasserflüsse des Amazonas.

1. Der Rio Moju. Er ist ein Strom, der nur um weniges kleiner ist als die Themse, hängt etwa 20 englische Meilen vor seiner Mündung durch einen kurzen künstlichen Kanal mit einem kleinern Strome, dem Igarapé-mirim, zusammen, der in entgegengesetzter Richtung dem Wassersysteme des Tocantins zuströmt.[1]) Seine Quellen liegen jenseits des vierten Parallelkreises in ausgedehnten Waldungen. Er mündet in den Rio Para und teilt alle Perioden und Bewegungen der Flut, der Ebbe und des Hochwassers mit dem Parastrome, und zwar treten nach Martius diese Erscheinungen hier ungefähr acht Minuten später ein als in der Stadt Para. Sein Wasser ist schwarz.[2])

2. Der Araguaya-Tocantins. Eine ebenso fleissige als treffliche Darstellung über die Entdeckungsgeschichte dieses Zwillingsstromes von der Zeit der Conquistadoren an bis zum Jahre 1817 gibt uns Martius.[3]) Da während dieser Periode jedoch eine reguläre Flussaufnahme niemals unternommen wurde, so war das Kartenbild in damaliger Zeit vom Araguaya-Tocantins ein erheblich abweichendes vom jetzigem. Auch die Castelnausche Expedition vom Jahre 1844 hat keine besonders wichtigen Erfolge für die Kenntnis dieses Stromes aufzuweisen, im Gegenteil, „sie hat", schreibt Ehrenreich, „mehr dazu beigetragen, die graphische Darstellung, die Cunha Mattos 1836 vom Strome gab, wieder gründlich zu entstellen."

---

[1]) Bates, S. 62. [2]) Spix u. Martius, Bd. III S. 1042; 927, 977, 979, 967, 1327. — Kletke, S. 738. [3]) Martius, Bd. III S. 1043 u. 1044.

Erst durch die Arbeit Ehrenreichs, der bei seiner Thalfahrt auf dem Araguaya Gelegenheit hatte, das ihm zur Verfügung stehende brasilianische Kartenmaterial zu prüfen, erhielt das Kartenbild des mittleren und unteren Araguaya eine wesentlich andere Gestalt. Namentlich der auffallende Bogen beim Einflusse des Crixas fällt nach Ehrenreich weg, ferner erfuhren viele andere Positionen am Hauptflusse, wie z. B. die Mündung grösserer Nebenflüsse und die Gestalt der Insel Bananal starke Veränderungen.[1])

Als wichtige Relatorios für die Geographie und Hydrographie des Araguaya empfiehlt Ehrenreich:

1. den von Moraes Jardim über seine Fahrt verfassten Bericht: „O Rio Araguaya, Relatorio de sua exploração" Rio 1880;
2. die treffliche, sehr eingehende Beschreibung der Kataraktenstrecke durch den Ingenieur Antonio Florencio Perreira do Lago, der dieselbe im Jahre 1871 im Auftrage der Regierung untersuchte: „Relatorio dos estudos da commissão exploradora dos rios Araguaya e Tocantins. Rio 1876.[2])

Beschreibung des Stromlaufs.

Die Wiege des Araguaya hat noch kein wissenschaftlich gebildeter Forscher gesehen. Von den drei Quellflüssen Cayapo Grande, Cayaposinho oder Rio Bonito und dem Rio dos Barreiros gilt der erstgenannte als der Hauptfluss. Sein südlichster bekannter Punkt ist die Übergangsstelle Ehrenreichs unter 16° s. B. und 52° 20' westl. Länge Gr. bei Macedina. Hier ist der Fluss bereits 150 m breit.

Vom Hafenorte S. Leopoldina an, wo der Fluss schon eine Tiefe von 4—7 m und eine Breite von 525 m hat, ist der Araguaya bereits für Dampfschiffe befahrbar. Über 6 Breitengrade lang fliesst er nun durch öde Campgegenden. „Unzählige, zur Hochwasserzeit überschwemmte Inseln", schreibt Ehrenreich, „erfüllen auf dieser Strecke das Bett. Lagunen, durch schmale „Furos" mit dem Strom kommunizierend, finden sich an beiden Ufern in Menge. Ihre ausnahmslos halbmondförmige Krümmung charakterisiert sie als Reste zugeschwemmter Flussbiegungen. Bis zur Tapirapémündung treten im Flusse selbst nur kurz unterhalb des Rio Vermelho und am Ufer bei S. José Felsmassen

---

[1]) Zeitschrft. der Ges. f. Erdk. z. B. 1892 S. 121—123. — Ebenda 1891 S. 167. [2]) Zeitschrft. d. Ges. f. Erdk. z. B. 1892 S. 123 u. 124.

zu Tage. Die ersteren bilden zerstreute abgerundete Blöcke aus hartem kieseligem Gestein, behindern jedoch selbst bei niedrigstem Wasserstande nicht die Schiffahrt. Die Breite des Stromes schwankt zwischen 500 und 1000 m." [1])

Etwas unterhalb der Crixas-Mündung teilt sich der Strom in einen östlichen und westlichen Arm, die sich unter ungefähr 10° s. B. wieder vereinigen. Die so gebildete Insel führt den Namen „Insel Bananal" oder „Santa Anna" und hat nach Cunha Mattos eine Länge von 60 Legoas (300 km) und eine Breite von 20 Legoas (100 km).[2]) Auf dem rechten Arme passierte im Jahre 1844 (Juni—Juli) die Castelnausche Expedition. Damals hatte der linke Arm 360 m, der rechte 276 m.[3]) Der stets schiffbare linke Arm ist jetzt die eigentliche Schiffahrts-Strasse. In ihn münden die drei grossen Nebenflüsse: Cristallino, Rio das Mortes und Tapirapes.

Etwas südlich vom 10° s. B. an vereinigen sich wieder die beiden Arme des Araguaya. Der Zusammenfluss derselben soll infolge der mächtigen Urwälder, die sich in den Fluten des Wassers spiegeln, einen imposanten Anblick gewähren. Der rechte Arm des Stromes ist hier 230 m, der vereinigte Strom 678 m breit, die Schnelligkeit des letzteren beträgt 33½ m in der Minute.[4])

Bei Santa Maria beginnen bereits die bekannten Stromschnellen des Flusses, die nur mit grosser Gefahr passiert werden können. Es lassen sich hier namentlich zwei Gruppen grösserer Abstürze des Flusses unterscheiden, die Ehrenreich eingehend schildert.[5])

Bei San João das duas Barras unter 5° 20′ s. B. mündet der Tocantins in drei Armen in den Araguaya. Ersterer Strom hat sein Quellgebiet im Urgesteinszug der Provinz Goyaz und übertrifft die Länge des Rheines um das Doppelte. Etwa unter 12° 10′ s. B. taucht das Urgestein aus dem Sandstein auf, und der Fluss wird völlig unfahrbar. An dieser Stelle verliess ihn die Castelnausche Expedition, nachdem sie ihn von seiner Mündung an befahren hatte.[6])

Nach der Vereinigung mit dem Araguaya behält der Tocantins seinen Namen bei, obwohl der erstere Strom viel länger und wasserreicher ist als der letztere. Der Grund zu dieser Thatsache liegt darin, dass nämlich der Tocantins viel früher bekannt und besiedelt wurde als sein grösserer Zwillingsbruder. Die Breite nach der unmittelbaren Vereinigung dieser Ströme beträgt, von Castelnau trigonometrisch gemessen, 1780 m.[7])

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. B. 1892 S. 125. [2]) Ebenda S. 126. [3]) Pet. Mittlg. 1857 S. 164. [4]) Pet. Mittlg. 1857 S. 164. [5]) Zeitschrft. d. Ges. f. Erdk. z. B. 1892 S. 129—135. [6]) Pet. Mittlg. 1857 S. 164. [7]) Pet. Mittlg. 1857 S. 164.

Der Tocantins behält zunächst die W.-Richtung des untersten Araguaya bei, wendet sich dann nach Norden und tritt unter 3½° s. B., nachdem er sich über gewaltige Catarakte gestürzt, in die Amazonasniederung ein. Bates hat den Fluss von seiner Mündung in den Amazonas bis zu den Stromschnellen von Guaribas unter 4° 10' s. B. befahren und gibt uns eine herrliche Schilderung von dieser Flussstrecke.[1]) Darnach gleicht dieser Strom hier mehr einem See als einem Flusse. An der Mündung beträgt seine Breite nämlich 10 Engl. Meilen, (= 16 km), Cameta gegenüber noch 5 Engl. Meilen (= 8 km).[2])

Prinz Adalbert von Preussen[3]) und Bates bezeichnen den Fluss als auffallend klar und dunkel.[4])

3. Der Xingu. Obwohl der Xingu unter den Amazonastributären, die ihre Wiege auf dem brasilianischen Berglande haben, sich erst am spätesten der Aufmerksamkeit gebildeter Forscher zu erfreuen hatte, besitzen wir heutzutage dennoch den besten homogenen Bericht über ihn. Man darf fast sagen, dass dieser Fluss bis zur ersten grossen Expedition Karls von den Steinen und seiner weitbekannten Mannen dem grössten Teil seines Laufes nach so gut wie unbekannt war. Zwar war schon gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts ein deutscher Jesuitenpater Namens Hundertpfund bis in das Gebiet der Yuruna-Indianer vorgedrungen, allein einen wissenschaftlichen Bericht über seine Reise hat er uns nicht hinterlassen.[5]) Auch im Jahre 1842 wurde vom verstorbenen Prinzen Adalbert von Preussen eine Fahrt Xinguaufwärts unternommen,[6]) allein diese Expedition fand schon unter dem 4° s. B. ihr Ende; und so dürfen wir mit gutem Recht sagen, dass man erst im Jahre 1884 mit Erfolg daran ging, den Schleier über ein nicht unbeträchtliches Gebiet unbekannter Erde zu lüften. Wie schon erwähnt, war es die erste Xinguexpedition, die mit der Erforschung dieses Stromes mit grossartigen Erfolgen begann.

---

[1]) Bates, Kapitel IV S. 60—99. [2]) Bates, S. 63. [3]) Kletke, S. 733, 734. [4]) Bates, S. 62, 63, 73, 75. [5]) Clauss, „Die Xingu-Expedition vom Jahre 1884. Berlin 1885 S. 4. [6]) Kletke, H., „Reise des Prinzen Adalbert von Preussen“. Berlin 1857.

Karl von den Steinen,[1]) Otto Clauss[2]) und der Vetter des ersteren, der Maler Wilhelm von den Steinen, waren es, die zum erstenmal im Jahre 1884 den Xingu von seinem Quellflusse, dem Batovy, bis zur Mündung in den Amazonas befuhren. Nachdem aber eine nähere Untersuchung der Quellflüsse des Xingu dennoch notwendig war, unternahmen 1887 Paul Ehrenreich aus Berlin, Wilhelm von den Steinen aus Düsseldorf, Karl von den Steinen aus Berlin und Peter Vogel aus München eine zweite Xingu-Expedition.[3]) Hier wurde nun der Lauf des Batovy und der des Kulisëhú festgestellt, allein die beiden Hauptquellflüsse Ronuro und der Kuluene warteten noch immer auf ihre Befahrung. Während bis heute nun durch die dritte und vierte Xingu-Expedition unter Hermann Mayer 1896/97 und 1898/99 (die dritte unter Begleitung des Anthropologen Karl Ranke aus München) auch der Ronuro erforscht wurde,[4]) ist die Kuluene-Quelle noch immer unserer Kenntnis entzogen. Zur selben Zeit, als Hermann Mayer auf seiner ersten Reise im Quellgebiete des Xingu thätig war (1896/97), wurde auch der Unter- und Mittellauf des Flusses befahren und zwar von dem bekannten Franzosen Coudreau.[5]) Die letzte Forschungstour in das Xingugebiet ging endlich im Oktober 1900 unter Max Schmidt ab, wovon jedoch Reiseberichte zur Zeit noch fehlen.[6])

Beschreibung des Xingu. „Das Flussgebiet des oberen Xingu gleicht einer Hand", schreibt Hermann Mayer.[7]) „Die einzelnen Quellflüsse entspringen in einer verhältnismässig schmalen Zone des

---

[1]) Karl von den Steinen, „Durch Central-Brasilien", Leipzig, Brockhaus 1886. [2]) „Bericht über die Schingú-Expedition im Jahre 1884" von Otto Clauss, Pet. Mittlg. 1886, Heft V u. VI. (mit 2 Karten) — ferner: Clauss, „Die Schingu-Expedition von 1884", Berlin 1885. [3]) Zeitschrift der Ges. f. Erdk. z. Berlin N. 4 u. 5. 1893. (Hierzu Tafel 3 u. 4.) [4]) a) Hermann Mayer, „Bericht über die I. Xingu-Expedition". (Verh. d. Ges. f. Erdk. 1897 S. 172—199.) b) Hermann Mayer, „Bericht über die II. Xingu-Expedition". (Verh. d. Ges. f. Erdk. z. B. 1900 S. 112—129.) [5]) Globus 1898 S. 121. [6]) Globus 1901 S. 195. [7]) Verh. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1900 S. 112.

nördlichen Abfalls des grossen Hochplateaus, welches die Wasserscheide des gewaltigen Stromgebietes des Amazonas und La Platas bildet.“ Die in fünf grösseren Becken entstehenden Quellflüsse sammeln sich in zwei Hauptflüssen, dem Ronuro und dem Kuluëne. Der westliche Quellfluss, der Ronuro, ist sowohl der bedeutendste als auch bekannteste. Die Frage nach seiner Herkunft war eine äusserst wichtige für die Geographie des Xingu und bildete die Generalidee Hermann Mayers bei seiner zweiten Expedition. Bei seiner ersten Reise hatte dieser Forscher bereits den Jatoba, einen ziemlich bedeutenden Zufluss des Ronuro und den letzteren selbst von der Mündung des Jatoba an abwärts befahren. Erst auf seiner zweiten Reise gelang es Mayer, den Schleier von dem Ronuro-Gebiet endgültig zu lüften. Er befuhr den Fluss von der Quelle bis zur Mündung und stellte fest, dass der Ronuro aus zwei kleinen Quellbächen entsteht, dem Rio Bombas und dem Rio Formosa. Der Ronuro hat in seinem Ober- und Mittellaufe unzählige Fälle und Schnellen zu überwinden, so dass er dort fast unbefahrbar ist.[1]) Von der Aufnahme des Jatoba an hat er bereits eine Breite von 200 m,[2]) und vor der Mündung des Batovy traf ihn Mayer mit einer solchen von 300 m an.[3]) Von links erhält der Ronuro den „Steinen-Fluss“, von dem aber nicht mehr als seine Mündung bekannt ist. Von rechts erhält er den Batovy, den die erste deutsche Xingu-Expedition schon befahren hatte. Diese schiffte sich nämlich beim Austritt des Batovy aus seinem Quellbecken, also beim Beginne seines Erosionsthales unter 13° 57,2′ S. B., auf ihm ein und begann ihre Thalfahrt. Innerhalb des Erosionsthales und ausserhalb desselben, bis zu 13° 4′ S. Br., auf einer Strecke von ungefähr 120 km, durchsetzen zahllose Steinschwellen, die mehrfach die Breite von 500 m erreichen, das Flussbett und bilden Wasserfälle, Katarakte und Stromschnellen. Durch das Flachland nimmt der Batovy entsprechend seiner geringen Grösse in zahllosen engen Windungen seinen Lauf, so dass die Flusslänge das doppelte der Entfernung von der Quelle bis zur Mündung beträgt. Er mündet unter 12° S. B. in den 300 m breiten Ronuro.[4])

Während der zweite Hauptquellfluss des Xingu, der Kuluëne, nur in seinem Unterlaufe befahren wurde, ist sein grösster Beifluss, der Kuliséhu, wieder eingehender erforscht. Dieser wurde von der 2. Xingu-Expedition befahren und ist nur in seinem Oberlaufe der vielen Stromschnellen wegen sehr schwer zu passieren; vom dritten Bakairi-Dorf an dagegen hat er einen ziemlich ruhigen, ungefährlichen Lauf.[5])

---

[1]) Verh. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin 1900 S. 112. [2]) Ebenda, Jahrgang 1897 S. 186. [3]) Ebenda, Jahrg. 1897 S. 187. [4]) Pet. Mittlg. 1886 S. 132. [5]) Vogel, „Reisen in Mato Grosso“; Zeitschr. der Ges. für Erdk. zu Berlin 1893 Nr. 4 S. 258 mit 263.

Unter dem 11° 50' S. B. vereinigen sich Ronuro und Kuluëne und bilden den eigentlichen Xingu der Karten. Dieser hat dort schon die ansehnliche Breite von 500 m; seine Ufer sind eben und mit einer dichten Wand üppiger tropischer Vegetation gesäumt. An dem steilabfallenden Sandufer findet man Spuren, dass zur Hochwasserzeit die Wasserfläche bis zu 5 m höher liegt. Ausgedehnte Sandbänke erschweren degegen zur Trockenzeit selbst für seicht gehende Boote die Fahrt.[1])

Ehe unter dem 10° S. B. die Ufer des Xingu Gebirgscharakter annehmen, empfängt er von beiden Seiten noch je zwei stattliche Nebenflüsse, die ihn zu einem Strom von 1 km Breite vergrössern. Innerhalb der Berge, die dem Xingu bis nach seiner Mündung folgen, konnte Clauss keine bedeutenderen Zuflüsse konstatieren, und wenn trotzdem der Xingu allmählich unter dem 3° S. B. zu einem 5 km breiten Strom herangewachsen ist, so hat er dies allein der reichen Wasserabfuhr der Berge zu verdanken, welche in zahllosen Rinnsalen stattfindet.[2])

Innerhalb des Gebirges wird der Xingu zu grossen Biegungen gezwungen; er hat meist ein nahezu stagnierendes Wasser, und das Gefälle von 160 m, das die erste Xingu-Expedition für die Strecke zwischen 10. und 3. Grad feststellte, wird lediglich ausgeglichen durch zahllose (gegen 200) mächtige Stromschnellen, welche nur unter der kundigen Führung von Indianern mit einiger Sicherheit zu passieren sind.

Die grössten Katarakte des Xingu finden sich jedoch in jener charakteristischen Biegung unter dem 3° S. B. zusammengedrängt, und durch sie wird das Xingubett um 90 m tiefer, also direkt nach der Basis des Amazonas verlegt.

Als 9 km breiter Strom ergiesst sich der Xingu unter 1½° S. B. in den Amazonas. Die Wirkung von Ebbe und Flut wird auf seinem ganzen unteren Laufe verspürt. Über seine Länge sagt Clauss: „Um sich an der Hand geläufiger Distanzen eine Vorstellung von der ungeheuren Länge des Xingu zu bilden, denken wir uns seine Mündung nach Hamburg verlegt; dann würden wir seine Quellen an der afrikanischen Nordküste bei Tunis zu suchen haben."[4])

Über seine Farbe im Unterlaufe lese ich in dem Werke: „Reise des Prinzen Adalbert von Preussen" S. 451: „Der Xingu ist noch dunkler als der Tapajoz"; Seite 543: „schwärzliches Bouteillengrün"; Seite 639: „schwarzgrün"; Seite 702: „dunkel und klar"; Seite 539: „schon eine ganze Weile vorher hatte der Xingu sich durch sein klares, bouteillengrünes Wasser angekündigt, dem allmählich die trübe, gelbe Flut des Amazonas das Feld hatte räumen müssen."

---

[1]) Pet. Mittlg. 1886 S. 132. [2]) Pet. Mittlg. 1886 S. 133. [3]) Ihre Königl. Hoheit Prinzessin Therese von Bayern, „Reise etc." S. 160
[4]) Clauss, „Die Schingu-Expedition" S. 6.

Herr Clauss hatte die liebenswürdige Güte, mir brieflich mitzuteilen, dass das Wasser des Xingu „entschieden dunkel" sei. Ferner hätte Herr Karl von den Steinen aus Berlin mir ebenfalls die grosse Ehre geschenkt, auf meine Anfrage über die Wasserfarbe des Xingu folgendermassen zu antworten: „In meinem Buche ‚Durch Central-Brasilien', Leipzig 1886, finden Sie Seite 198 für den Schingu schon kurz nach der Vereinigung der Hauptquellen: Die Farbe des Wassers ist in der Mitte des Flusses dunkelgrün, was die Leute ‚schwarz' nennen; S. 218: ‚flaschengrün', gegenüber dem schmutzigbraunen (oder ‚agoa preta' der Leute) Wasser eines rechten Nebenflusses. Ich habe das Wasser stets als flaschengrün, mehr oder weniger hell, aufgefasst und so in der Erinnerung."

4. Der Tapajoz. Solange die Wasserstrasse der Paraguay-Flüsse, die jetzt bequem zur Hochebene von Mato Grosso führt, noch nicht benützt wurde, fuhren die brasilianischen Händler meistens den Tapajoz hinauf, um ihre Waren nach Diamantino und Cuyaba zu bringen. Ihre Mitteilungen über diesen Fluss waren indes äusserst dürftig und von sehr wenig wissenschaftlichem Werte. Die Erforschung des Tapajoz begann erst mit Chandless,[1] dem wir auch die erste kartographische Aufnahme des Stromes verdanken. Die Reise, welche Orton[2]) im Jahre 1870 durch das Tapajoz-Gebiet antrat, ist von geringer Bedeutung, während uns Brown und Lidstone[3]) 1873 über den Unterlauf des Flusses sehr schätzenswerte Mitteilungen machten. Clauss[4]) kam 1883 auf der Xingu-Expedition in das Quellgebiet des Arinos und Paranatinga, und die Forscher Ehrenreich, Wilhelm und Karl von den Steinen, sowie Vogel aus München überschritten 1887 den San Manuel, wie der zweite Hauptquellfluss des Paranatinga genannt wird. 1889/90 wurde der Paranatinga von Telles Pires, de Velleroy, Miranda und Carlos da Silva Telles von der Quelle bis zur Mündung befahren[5]) und 1895 besuchte in einem Canoe

[1]) Chandless: Notes on the rivers Arinos, Juruena und Tapajoz. Journ. R. G. S. 1862 Bd. 31, p. 268—280. [2]) Orton, American Journ. Ser. II Bd. 47 p. 339. [3]) Brown and Lidstone, fifteen thousand miles on the Amazon and its tributaries; London 1878. [4]) Pet. Mittlg. 1886. Heft 5 und 6 mit 2 Karten. [5]) „Ausland" No. 48 Jahrg. 1890

H. Coudreau den Tapajoz von Itaituba bis zum Salto Augusto.[1]) Wertvolle Beiträge zur Kenntnis dieses Stromes verdanken wir auch Bates,[2]) Katzer,[3]) Spix und Martius[4]) und Castelnau.[5])

Betrachten wir nun den Tapajoz näher!

Er entsteht aus den beiden Quellflüssen Arinos und Juruena, deren Zusammenfluss etwa unter 10° 20′ S. B. erfolgt. Die Wiege des Arinos liegt fast genau unter 14° 29′ südl. Br. und 56 w. L. auf der Serra Tombador. Eine friedliche Laufrichtung scheint diesem Flusse zu fehlen, denn unter 11° 38′ S. B. ist sein Bett schon von zahlreichen Schwellen und granitischen Felsinseln unterbrochen. Der Rio Preto und der Rio Estivida führen ihm wahrscheinlich ihre Wasser zu. Bei Hochwasser stehen vermutlich zahlreiche Tributäre des Arinos mit dem Cuyaba in Verbindung, so dass zu dieser Zeit eine Wasservermischung mit dem Paraguay-System nicht ausgeschlossen ist.[6]) Der Rio Sumiduru, der Rio Parecis und der Rio Peixe sind grössere Zuflüsse des Arinos.

Der zweite Quellfluss des Tapajoz, der Juruena, entsteht auf der Serra dos Parecis.[7]) Er wurde noch nicht befahren und seine Kenntnis beruht lediglich auf brasilischen Quellen. Seine bedeutendsten Tributäre sollen der Rio Jubina und der Rio Camararé sein. Beim Zusammenflusse des Arinos und Juruena hat der erstere 275 m, der letztere 460 m Breite. Der vereinigte Strom führt dann den Namen Tapajoz und ist ausgezeichnet durch seinen ruhigen Lauf, der nur zweimal auf der ganzen Strecke bis zum Amazonas von grösseren Cataracten unterbrochen wird, nämlich zwischen dem 8° und 9° und unter dem 4° 30′ s. Br. Die kleinen Störungen, die Chandless angibt, sind der Schifffahrt nicht hinderlich. Unter den oberen Fällen hat der bedeutendste, der Salto Augusto, eine Niveauversetzung von 9 m, Coudreau gibt in seiner Höhentafel den Fall oben 475, unten 458 m hoch über dem Meere an. Die obere Kataraktengruppe hat ungefähr 18 Schnellen, von denen mehrere durch Umladen umgangen werden müssen; namentlich

---

[1]) Voy. au Tapajoz 1895/96 mit Karte 1:600000; Paris 1897. [2]) Bates: Kapitel 9 „Reise den Tapajoz hinauf", S. 228—273. [3]) a. Katzer: F., A. „foz do Tapajos e suas relacôes com a aqua subterranea na regiao de Santarem." — Bolletin do Museu Paraense de Hist. Natural e Ethnogr.; Para 1897 2 No. 1 S. 78. b. Katzer: „Zur Geographie des Tapajoz", Globus, 1900, S. 281 mit 285 (1 Karte). [4]) Spix und Martius, 3. Bd. S. 1050—1052. [5]) Castelnau: „Exped. dans les parties centrales de l'Amerique du Sud." [6]) Vgl. Vogel: „Reisen in Mato Grosso 1887—88" (Zeitschr. der Ges. für Erdk. zu Berlin 1893 No. 4). [7]) Globus, 1900 S. 281.

kann der Salto Augusto während des ganzen Jahres nicht überschritten werden, weshalb der Tapajoz nicht jene Bedeutung für die Schiffahrt erlangte, die man von ihm zu hoffen wagte.

Zwischen dem 8° und 6° S. B. empfängt der Tapajoz von rechts zwei grosse Zuflüsse, den San Manoel, an der Mündung 460—550 m breit und den Rio Tropas, an der Mündung 320 m breit. Während letzterer Fluss nur einige Meilen von der Mündung aufwärts bekannt ist, wurde der San Manoel durch die von der Geogr. Gesellschaft zu Rio de Janeiro ausgesandten Expedition 1889/90 vollständig auf seinem ganzen Laufe befahren.[1]) Dadurch war die Frage gelöst, dass der Paranatinga, der früher als Nebenfluss des Xingu betrachtet wurde, gleichbedeutend ist mit dem Mittellaufe des Rio San Manuel, dessen Oberlauf die 1. und 2. Xinguexpedition schon einigermassen festgestellt hatte. Seinen Ursprung hat dieser Fluss nach Vogel[2]) unter 14° 38,6 S. B.; seine Breite beträgt am Hafen der Bakairi schon 130 m. Für die Schiffahrt ist der Fluss ohne Wert, denn er besitzt 4 grosse Fälle, einige 30 Katarakte und unzählige Stromschnellen. Die gänze Länge des Stromes beträgt 290 Leguas.[3]) [4]).

Unter 4° 30′ südlicher Breite befinden sich die unteren Katarakte des Tapajoz. Der Cach. Diagorao und der Cach. Maranhão sind hier die bekanntesten Fälle. Der Fluss verlässt dort auch die brasilianische Masse, wird seeartig und zu einem echten Niederungsfluss. In diesem Teile, sagt Reclus,[5]) ist der Tapajoz noch mehr tot als der Rio Negro und fast ebenso schwarz als er, daher die Volksbezeichnung Rio Preto, d. h. schwarzer Fluss

Bei Santarem mündet der Tapajoz in den Amazonas. Wo sich beide Flüsse vereinigen, verringert der Tapajoz sein Volumen zwischen der Insel Las Oncas und Santarem plötzlich von 17306 auf 9476 cbm Wasser in der Sekunde. Katzer sucht dies dadurch zu erklären, dass er eine unterirdische Abzweigung des Tapajozwassers und die Speisung der Brunnen von Santarem durch dieses annimmt.[6])

In seinem Oberlaufe ist der Fluss in Sandstein eingegraben, von 10° S. B. an durchfliesst er nach Chandless Granitgebiet. Mächtige Urwälder begleiten den fast unbewohnten Strom. Die ganze Länge des

---

[1]) „Die Natur“, Zeitschrift zur etc. 1891 Bd. 40 S. 46. [2]) Zeitschr. der Ges. f. Erdk. zu Berlin 1893 No. 4 Tafel 3. [3]) „Die Natur“, Bd. 40 S. 46 Jahrg. 1891. [4]) Nach Clauss war bereits 1819 ein brasilianischer Leutnant, namens Peixote, den „Paranatinga“ hinabgefahren und in den Tapajoz gekommen. („Die Schingu-Expedition von 1884“, Berlin 1885 S. 4.) [5]) Reclus, Bd. 19 S. 134. [6]) Katzer, A. foz do Tapajos e suas relacâes etc. (Bol. do Mus. Parense de Hist. Natural e Ethnogr. Para, 1897 2 No. 1 S. 78.)

Flusslaufes beträgt 1930 km;[1]) das Stromgebiet umfasst 430 500 qkm. Jährlich wird der Tapajoz von ungefähr 700 Dampfern und 1100 kleineren Fahrzeugen befahren.[2])

Über die Wasserfarbe des Tapajoz schreibt Chandless:[3]) „Oberhalb der Mündung des San Manoel verwandelt sich das Flusswasser von dem hellen Grün des Arinos und Juruena in eine dunkle schwärzliche Färbung; aus diesem Grund ist der Fluss von San Manoel abwärts unter dem Namen River Preto bekannt. Sogar in Santarem spricht man unter keinem andern Namen von ihm."

Avé-Lallemant sagt darüber:[4]) „In schräger Richtung setzten wir über den grauen Strom (Amazonas), der plötzlich scharf abgeschnitten schwarz erschien. Beide Wasserschichten liefen ganz unvermischt nebeneinander hin, jede ihre Uferseite behauptend, ein höchst auffallendes Phänomen.

Das ist das sogen. „schwarze Wasser" des mächtigen Tapajoz, an dessen rechtem Ufer Santarem liegt. Silberklar und vollkommen rein ist das Wasser des Tapajoz, zumal neben dem trüben, grauen Wasser des Amazonenstromes . . "

Katzer endlich sagt davon:[5]) „Das Wasser des Tapajoz erscheint im reflektierten Licht, wenn sich der reine Himmel darin spiegelt, blauschwarz, bei direkter Sonnenbestrahlung schwärzlichgrün (wie Alizarintinte) bis hell olivengrün, je nach der Tiefe. Es ist dabei äusserst klar, so dass man selbst durch eine 3 bis 4 m mächtige Schicht bis auf den Grund sieht. Es gilt als sog. „schwarzes" Wasser und der Fluss wird daher von den Cearenser Kolonisten bei Santarem auch kurz Rio preto (schwarzer Fluss) genannt. Die Analise einer bei Itaituba geschöpften Probe ergab einen aussergewöhnlich geringen Gehalt an gelösten Bestandteilen, in welchem Sinne der Tapajoz zu den reinsten Flüssen der Welt gehört."

---

[1]) Reclus, Bd. 19 S. 147. [2]) Ebenda, Bd. 19 S. 147. [3]) Journal of the Royal Geographical Society, London 1862. Chandless: „Notes on the river Arinos, Juruena und Tapajoz." [4]) Avé-Lallemant, Reise durch Nordbrasilien, 2. Tl. S. 89 und 90. [5]) Katzer: „Zur Geographie des Rio Tapajoz"; Globus 1900 S. 284.

Auch Ehrenreich,[1]) Bates,[2]) Reclus,[3]) Prinzessin Therese von Bayern[4]) bezeichnen das Wasser dieses Stromes ebenfalls als „tintenschwarz".

5. Der Mauè-âssu, Abacaxis und Canuma.[5])

Diese drei Ströme, die uns Chandless kennen lehrte, münden in den Paranâ-mirim de Canuma, einen etwa 245 Meilen langen Seitenkanal des Madeira, der als Paranâ-mirim de Romos bei der Stadt Villa Bella in den Amazonas mündet.[6]) Während aber der Paranâ-mirim im allgemeinen ein Weisswasserstrom ist, haben seine genannten Zuflüsse klares, schwarzes Wasser. Auch dadurch sind letztere sich ähnlich, dass sie in ihrem Laufe drei verschiedene Phasen zeigen, die auf ihre Bildungsgeschichte schliessen lassen: In einer kurzen Entfernung von ihren schmalen Mündungen nämlich, welche durch das angeschwemmte Land des Madeiradetritus verengt worden sind, zeigen sich lange, weite offene Flussreviere mit Altwasser, oft mit einem klaren Wasserhorizont und mit nur ein paar kleinen Inseln, welche die Aussicht nicht stören.— Bei der 2. Phase ist dies anders. Die Breite von Ufer zu Ufer ist etwas geringer als bei der ersten; zwischen beiden Ufern liegt ein Labyrinth von Inseln; die Kanäle zwischen diesen enden vielfach blind. Bei Niedrigwasser lässt eine schwache Strömung den Flusskanal von den blind ausgehenden unterscheiden, bei Hochwasser fehlt auch sie; dann ist ein Zurechtfinden in dem Labyrinth unmöglich. — Die 3. Phase endlich zeigt den Fluss als einen wohldefinierten Kanal, der nur hie und da einige Inseln aufweist und eine gute Strömung zeigt. Breite und Wassermasse stehen hier in richtigem Verhältnis zu einander.[7]) Auch ein Nebenfluss des Maué-âssu zeigt die gleiche Erscheinung, nur in noch drastischer Weise, nämlich der Guaranatuba. Er setzt sich

---

[1]) Verhandlg. der Ges. für Erdk. zu Berlin 1900 S. 160. [2]) Bates, S. 126, 205, 209, 198, 270. [3]) Reclus, S. 134 Bd. 19. [4]) Prinzessin Therese von Bayern, „Meine Reise etc." S. 157. [5]) Chandless: Journ R. G. S. Vol. 40 1870 S. 419—427 mit einer Karte. [6]) Ebenda S. 419 [7]) a. a. O. pag. 420.

nach oben fort in den Carauahy, der so klein ist, dass es unmöglich war, seine Mündung ohne Führer zu finden, während der Guranatuba eine Breite von $1^1/_2$ km und mehr hat.

Allem Anscheine nach sind die unteren Teile dieser Flüsse nach Chandless Ästuarien gewesen, die jetzt von oben, von den sedimentarmen Flüssen nur sehr langsam zugeschüttet werden.[1])

Besprechen wir nun jeden Fluss einzeln!

a) Der Maué-assu,[2]) welcher oberhalb der Mündung des Amaua Parauary genannt wird, hat eine ziemliche Anzahl von Stromschnellen, von welchen die niederste fast genau auf den Parallelkreis 5° S. trifft. Die ersten zehn Stromschnellen kann man stromaufwärts in 2 Tagen in einem kleinen Boote passieren, weiter oben liegen dieselben weiter auseinander. Von sämtlichen derselben ist nur der „Salto Grande", der eigentlich kein Wasserfall, sondern nur eine sehr reissende Strömung in eingeengtem Bette ist, zu Wasser unpassierbar. Die geologischen Verhältnisse an diesem Flusse sind sehr einfach: Die Sandsteinformation ist hier wie auf dem brasilianischen Plateau ausgebildet. Der Fluss Amaua ist ein Tributär des Maué-assu und bildet einen schönen, ungefähr 30 Fuss hohen Fall. Auch er hat sich tief in Sandstein eingegraben und zeichnet sich aus durch seinen „toten" Lauf. Die ganze Gegend ist wenig bewohnt.

b) Der nächste Schwarzwasserstrom ist der Abacaxis.[3]) Am auffallendsten fand Chandless in seinem Unterlaufe die manchmal in kurzen Zwischenräumen auftretende Abwechselung von einfachen weissen Sandklippen mit den gewöhnlichen roten Lehmbänken. Auf den ersteren war der Baumwuchs aber dünn und niedrig, auf den letzteren zeigte er üppige tropische Vegetation. Am mittleren Laufe des Abacaxis ist die Sandsteinplatte, ähnlich wie auf „Mato Grosso", mit einer 4 Fuss hohen Schichte von Kieselsteinen und Sand bedeckt. Interessant ist die Schilderung, die Chandless von der Farbe dieses Stromes gibt. „Das

---

[1]) a. a. O. pag. 420 und 421. [2]) a. a. O. pag. 421. [3]) pag. 422. — Siehe auch Martius S. 1061.

Wasser des Abacaxis", sagt er, „ist, wie das der anderen zwei Flüsse, in dem breiten, tieferen Teil klar und dunkel, aber nicht kaffeebraun wie das des Rio Negro. Weiter aufwärts jedoch, nämlich oberhalb des Lago Grande, fand ich es beständig weniger dunkel und mit mehr Satz, bis es ziemlich genau dem Wasser des Madeira oder anderer Weisswasserflüsse zur gleichen Zeit des Jahres, wenn sie niedrig sind, glich, und wie dieser zeigte es eine grüne, nicht eine braune Färbung. Aber weiterhin, nachdem ich die grosse Krümmung des Abacaxis hinter mir hatte, fand ich, dass das Wasser wieder nach und nach klarer und dunkler wurde, bis es so braun war wie das Rio Negrowasser, und so ging es fort, soweit ich kam. Es schien mir, dass der Wechsel in dem mittleren Teil durch den Ausfluss aus Stauwassern verursacht wurde, in welchen Lehmbänke blossgelegt wurden. Die Richtung des Flusses begünstigte die Thätigkeit des Windes (N.O. oder O.-N.O.), was eine Ausspülung verursachte und den Gedanken mir aufdrängte, dass der Lehm vielleicht die braune Farbe des Wassers absorbiere und ihm eine grünliche Färbung gäbe. Wenn der Fluss hoch ist, würde diese Ursache wegfallen, und dies mag der Grund davon sein, warum (wie ich so oft bei den Mündungen der Zuflüsse des Purus u. s. w. beoabachtet habe) das Wasser von solchen Flüssen viel heller ist, wenn sie niedrig sind dagegen dunkle Färbung aufweist zur Zeit der Flut."[1])

Mit unbedeutenden Ausnahmen fand Chandless alle Flüsse, welche in den Abacaxis ihre Wasser führten, annähernd von derselben schwarzen Farbe wie der Hauptstrom.[2])

c) Der Canuma-Fluss,[3]) der letzte von den drei Paranamirim-Tributären, ist am wenigsten erforscht. Auf ihm kam Chandless nicht so weit aufwärts, als bei den andern beiden Strömen; die 3. Phase erreichte er hier nicht mehr. Auf der befahrenen Strecke soll der Canuma viele Stromschnellen haben, von denen einige schwer und gefährlich zu passieren sein sollen. 60 bis 70 Meilen oberhalb der Mündung

---

[1]) pag. 423. [2]) pag. 423. [3]) pag. 424.

des Acáry sind vermutlich keine Störungen mehr im Stromlauf des Canuma vorhanden. Der Fluss ist durch die starken Fieberepidemien berüchtigt, die während des „Niedrigwassers“ auftreten und oft mörderisch wirken, beim ersten Steigen des Wassers aber als wie mit einem Schlage vernichtet erscheinen sollen, ganz ähnlich als wie in New Orleans der erste Frost das gelbe Fieber beendet. Am untern Teil des Flusses wird Tabak gebaut; weiter aufwärts herrscht Urwald vor und ist der Fluss so gut wie unbewohnt.[1])

6. Die schwarzen Nebenflüsse des Madeira und des Purus.

Die drei Schwarzwasserströme Canuma, Abacaxis und Maué-assu, die in den Paraná-mirim de Canuma, einem Seitenarm des Madeira, münden, haben wir bereits kennen gelernt. Ob die beiden Rio Negros, von denen der eine ein Nebenfluss des Beni, der andere ein Tributär des San Miquel (Nebenfluss des Guapore) ist,[2]) Schwarzwasserflüsse mit klarem Wasser sind, wissen wir nicht, dagegen ist der River Machado, der rechtsseitig in den Madaira fliesst, ein solcher.[3]) Chandless sagt von ihm auch, dass er im Februar und März steige und dass zu dieser Zeit das Fieber an seinen Ufern gewaltig herrsche. Der Madeira selbst soll zur Trockenzeit nach Sellin[4]) eine sehr braune Farbe haben, während er zur Regenperiode, wenn Detritusmassen seine Fluten verunreinigen, gelblich sei wie der Amazonas.

Das gleiche soll auch beim Purus zutreffen.[5]) Ausserdem hat dieser Strom ebenfalls echte Schwarzwasserströme als Nebenflüsse. Ehrenreich schreibt: „Verschiedene Puruszuflüsse zeigen in dicker Schicht tintenschwarze, in dünner hellbraune Färbung, die den Geschmack des Wassers nicht alteriert.“ [6]) Auf eine Anfrage von meiner Seite aus bei Herrn Ehrenreich über die näheren Ursachen dieser eigenartigen Schwarzwasser hatte der sehr verehrte Forscher die Güte, mir folgendes zu entgegnen: „In Erwiderung Ihrer Anfrage

---

[1]) Siehe auch: 1. Martius, S. 1308, 1306, 1315; 2. Bates, S. 158. [2]) Debes, „Neuer Handatlas“ (Mittel- und Südamerika No. 59). [3]) Journ. R. G. S. 1870 S. 423. [4]) Sellin: „Das Kaiserreich Brasilien“, I. T., Leipz. 1885, S. 15. [5]) Ebenda, S. 15. — Ferner: Avé-Lallement, II. Tl.: „Durch Nordbrasilien“, S. 208 [6]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin 1890 S. 160.

bezüglich der Schwarzwasserflüsse erlaube ich mir Ihnen mitzuteilen, dass ich diese Frage nicht genauer verfolgt habe. Der Purus scheint mehrere Zuflüsse mit schwarzem Wasser zu haben, von denen ich einen, den unterhalb Hyutanaham einmündenden Aciman, selbst befahren habe." — Auch nach Chandless haben mehrere Purustributäre schwarze Fluten. „Am 7. Juni", so schreibt Chandless, „passierte der Kahn die Mündung des Parana-pixuna, dessen schwarzes Wasser über 3 engl. Meilen weit unvermischt im Purus zu bemerken war." [1]) Der Inauynim gehört ebenfalls hieher. [2])

7. Der Rio Autaz. Dieser Schwarzwasserfluss ist nur an seiner Mündung bekannt. Avé-Lallemant schreibt von ihm: [3]) „Am Nachmittag erkannte der Indianer, den mir Herr Braulio als einen des Weges kundigen Menschen mitgegeben, in der Ferne die Mündung des Rio das Uautaz oder Otas, und wirklich liefen wir bald in einen etwa 1000 Klafter breiten Fluss mit klarem, schwarzgrünem Wasser ein, welcher sich offenbar noch in einem Zustande von Aufstauung befand, denn noch immer war der Amazonenstrom hoch genug, um das Ablaufen der Wasser aus seinen Zuflüssen zu verhindern. Diese Aufstauung – Represa — schien mir am Rio-das-Otas, welcher einige Meilen oberhalb des mächtigen Madeira in den Amazonenstrom fällt, doch auffallend gross. Der kleine Fluss, der wenigstens als solcher auf den Landkarten steht und mir als ein solcher bezeichnet worden war, erschien mir ein unabsehbarer Landsee und für einen unbedeutenden Nebenfluss ungeheuer gross und breit. Das Tachi blühte in prachtvoller Menge längs des dunkeln, spiegelglatten Wassers. Ein wunderbarer Abendschatten senkte sich herab auf den schwarzen Fluss."

8. Der Rio Coary. Der Coary ist ein dem Purus sehr ähnlicher Fluss, welcher ebenfalls vom Solimões sich in südlicher Richtung bis etwa 10° s. B. erstreckt. „Ein Mann, der zu uns kam", schreibt Avé-Lallemant, „war 15 Tage den Strom aufwärts gegangen, ohne sein Ende zu

---

[1]) Pet. Mittlg. 1867 pag. 257. [2]) Pet. Mittlg. 1867 pag. 260. [3]) Avé-Lallemant: „Reise durch Nord-Bras." II. Tl. S. 259 und 260.

erreichen. Ein ununterbrochener Wald deckte sein Ufer." Sein Wasser ist schwarz.[1])

9. Der Rio Teffé.[2]) Er ist ebenfalls ein Schwarzwasserfluss mit klarem Wasser und führt die Namen Tefé, Taifé, Taipé, Tapi (d. h. in der Tupisprache: tief). Während er bei seinem Einflusse in den Amazonas sich seeartig erweitert, engt er sich weiter aufwärts sehr bald ein. Seine Ufer sind mit dichter, aber niedriger Waldung bedeckt, arm an Sasseparilla und Cacao, deshalb wenig besucht. An seinem Unterlaufe liegt die Stadt Teffi (Egas). Eine Strömung des Flusses war nach Bates nicht bemerkbar, „und das Wasser hatte eine olivenbraune Farbe; die unter Wasser gesetzten Stämme waren aber bis zu einer grossen Tiefe sichtbar." Das „schwarze" Wasser des Teffé braucht lange, sagt Avá Lallemant, bis es sich mit den grauen Fluten des Amazonas vereinigt.

10. Der Jutahy. Dieser Fluss wurde von Brown und Lidstone mit einem Amazonasdampfer 725 km weit von der Mündung aus aufwärts befahren.[3]) Er ist nicht zu verwechseln mit dem Jutachy, einem nördlichen Tributär des Amazonas, der zwischen dem Paru und Rio Curupatuba dahinfliesst. Sein Flussbett liegt in der grossen Amazonasniederung westlich des Rio Jurua und ist in lockeren Sand und in Sandsteine, welch letztere aber selten anstehen, eingegraben. Zuerst hat der Jutahy bis etwa über den 5^0 S. Br. hinaus nordöstliche Richtung, worauf er dann bis zu seiner Mündung fast rein nördlich fliesst.

11. Der Samiria-Fluss.[4]) Er ist ein kleiner Strom, welcher wenig oberhalb der Mündung des Ucayale auf dem

---

[1]) 1. Avé-Lallemant: „Reise durch Nord-Brasilien", II. Tl. S. 210. 2. Spix und Martius, S. 1153. [2]) Siehe: Spix und Martius, S. 1161 und 1163. — Bates, S. 286, 312, 315. — Avé-Lallemant: „Reise durch Nord-Brasilien", II. Tl. S. 212, 214, 251. [3]) Brown and Lidstone: Fifteen thousand miles on the Amazon and its tributaries pag. 502. [4]) Zeitschr. der Ges. für Erdk. z. Brl. Bd. 32. Jhrg. 1897. S. 387.

rechten Ufer des Marañon einmündet und in ziemlich starken Windungen im allgemeinen von Süden nach Norden fliesst. Seinen Ursprung hat er wahrscheinlich in dem etwas erhöhten Gelände in der Gegend des Yurimaguas. Sein Wasser ist im Gegensatz zu dem trüben, weisslichen des Marañon, braunschwarz und klar. Im Glase betrachtet erscheint es goldbräunlich; sein Geschmack ist etwas unangenehm. Die Wassertemperatur fand Rimbach an der Oberfläche 23° C.

IV. Die schwarzen Ströme des brasilianischen Berglandes.

Schon die Namen Rio Preto, Rio Negro und Rio Pardo auf unseren Karten zeigen, dass auf dem alten Gebirgszuge, der sich vom Amazonas bis zum La Plata an der Küste dahinzieht, die Schwarzwasserflüsse landschaftsbestimmend auftreten. „Unweit Agá", schreibt Wied-Neuwied,[1] „erreichten wir einen Fluss, dessen Wasser eine dunkel-kaffee-braune Farbe hatte wie die meisten Waldbäche und kleinen Flüsse dieses Landes" (Bahia). „Der Name der Gewässer ist sehr häufig", sagt Tschudi[2]) von den Flüssen der Provinz „Minas geraes", „von ihrer Farbe genommen, daher die unzählige Wiederkehr der Flussbenennungen Rio Negro oder Rio Preto (der schwarze Fluss), Rio Pardo (der braune Fluss)." -- „Die deutlich sichtbare Vereinigung des grünen Meerwassers mit dem dunkelschwärzlichen der Flüsse der Provinz Espirito Santo und der Provinz Minas geraes gab der Aussicht auf dem Schiffe nach Wied-Neuwied „einen besonderen Reiz".[3]) — Leider sind uns von den zahlreichen schwarzen Strömen der Sa do Mar nur wenige gut bekannt. Teils liegt der Grund hiezu darin, dass die Reisen in diesem Gebiete infolge des Gebirgscharakters fast ausnahmslos zu Lande ausgeführt werden, teils aber auch in dem Umstande, dass

[1]) Prinz Wied-Neuwied, I. Tl. S. 174. [2]) Pet. Ergänz. Bd. 1863 und 1864. N. 9. „Die Bras. Prov. Minas Geraes." [3]) Neuwied. I. Tl. S. 301.

verhältnismässig nur kleine Strecken Landes von europäischen Reisenden erforscht sind. Die unzähligen Namen: Rio Negro, Rio Preto etc. sind meist den Flüssen von den Eingeborenen gegeben worden, ob aber wirklich alle diese Gewässer ihre Bezeichnungen verdienen, entgeht unserer Kenntnis. Wir werden im folgenden daher auch nur die Flüsse behandeln, von denen wir auf Grund authentischer Berichte mit Sicherheit wissen, dass sie wirkliche Schwarzwasserflüsse sind.

1. Der Paraguassu. Er entsteht mitten in der Provinz Bahia an den Abhängen der Serra da chapa da diamantina. „Hier im Zentrum der Provinz vereint sich ein ganzes Netz von Flüssen", schreibt Ave-Lallemant,[1]) „welche dann zusammen in einem nicht unbedeutenden Strome und vielfach gebogener Schlangenlinie nach Osten fliessen unter dem Namen des Paraguassu. Doch verhindern 12—15 geogr. Meilen vor seiner Mündung einige Stromschnellen und Wasserfälle des so entstandenen Flusses die Beschiffung, welche in der That nur 7 Leguas (5 geogr. Meilen) von seiner Verbindung mit dem Meerbusen aufwärts bemerkenswert ist." Die ganze Länge des Paraguassu beträgt ungefähr 500 km. An seiner Mündung ist der Strom 450 m breit. Seine Fluten haben schwärzliche Farbe.[2])

2. Der Rio Inhumerim. Er ist nur ein kleiner Fluss, der bei Rio de Janeiro in den Atlantischen Ozean sich ergiesst. In hundert Windnngen schlängelt er sich nach Eschwege von der granitischen Serra dos Orgaõs herunter in das Meer. Je weiter man den Fluss aufwärts fährt, desto schwärzer wird sein Wasser.[3])

3. Der Rio Jacuhy. Er durchfliesst die Provinz Rio Grande do Sul von West nach Ost. Seine Breitendimensionen sollen wundervoll sein; „denn", schreibt Avé-Lallemant, „wenn der Fluss auch oft verengt erscheint, wenn auch einzelne, oft bedeutende Sandbänke sich weit hineinschieben ins Wasser und manche Stromschnellen, Cachoeiras, im heftigeren Lauf die oft sehr geringe Tiefe des Wassers verraten, so dass das Dampfboot von sehr kundiger Hand geleitet werden muss, wenn auch das alles vorkommt, so erscheint der schöne Fluss dennoch meistens 5—800 Fuss breit und bildet besonders an Stellen, wo man ihn fast eine halbe Meile hinaufschauen kann, herrliche Flusscenerien

---

[1]) Avé-Lallemant, I. Tl. S. 55, 56, 58 „Reise durch Nordbrasilien". [2]) Spix und Martius, S. 619, 620, 621. Bd. II. [3]) Eschwege: „Brasilien, die neue Welt" etc. I. Tl. S. 3 und 4.

und anmutige Landschaftsprospekte." Er mündet bei Porto Alégre in den Atlantischen Ozean. Sein Wasser ist schwarz und klar.[1])

4. Der Rio Uruguay. „Das ganze Colorit des Flusses ist so", schreibt Avé Lallemant von seinem Oberlauf, „dass ich ihn einen schwarzen Fluss nennen möchte, wenn es nicht schon viele Rio-Negros gäbe.[2]) Sein Quellgebiet liegt in der Serra Geral, wo die zwei Bäche, welche aus seinen bedeutendsten Quellen gebildet werden, die Namen Cachorros und Canôas führen. Nach einem Laufe von ungefähr 40 km vereinigen sich beide Bäche und empfangen einige Meilen unterhalb ihrer Confluenz unter 27° 30' S. B. den Carreiras.[3]) Der ganze Oberlauf ist im allgemeinen nach Westen gerichtet und ist eigentümlich durch sein ungleiches Tiefenverhältnis und seine sehr veränderliche Wassermenge. „Während er bei Itaqui 43,2 m tief war", berichtet Avé Lallemant, „und nicht die geringste Strömung zu erkennen gab, fand ich ihn auf meiner Fahrt an andern Stellen kaum einige Fuss tief, wo er dann schneller dahinschoss, Wirbel und Kreise auf seiner Fläche zeigte und selbst zu rauschen anfing."[4]) Das ganze obere Uruguay-Gebiet ist noch von echtem Urwald bedeckt. Zwischen 27° und 28° s. Br. bildet der Fluss grosse Fälle; hier verlässt er seinen Hochlandslauf, ist für grössere Schiffe nun befahrbar und verfolgt immer mehr eine südliche Richtung. Er läuft nun ziemlich dem Paraná parallel und mündet in das grosse La Plata-Ästuarium. Auf dieser Laufstrecke ist der Uruguay ein echter Tieflandsstrom und hat einen mannigfachen Wechsel in seiner Wasserfärbung aufzuweisen, daher wohl sein Name: Uruguay d. h. „Wasser des bunten Vogels".

5. Der Rio Mortes ist ein Nebenfluss des in den Parana fliessenden Rio Grande. Er hat schwarzes Wasser und seine Wiege auf der granitischen Sa Mantiqueira.[5])

6. Der Rio Tietè. Er ist ein Nebenfluss des Rio Parana und wurde schon von Martius und Spix bis zu seiner Mündung befahren.[6]) Seine Quellen liegen auf der Sa Paranapiacaba. La Avé-Lallemant schreibt vom Tieté:[7]) „Recht eigentlich mitten durch die Provinz S. Paulo fliesst in nordwestlicher Richtung zum Paraná ein herrlicher Strom, der schon genannte Tieté, dessen Wichtigkeit für die Provinz S. Paulo nicht nur, sondern für Goyaz und Mato-Grasso von jeher in die Augen springend war." Auch Eschwege lieferte einen kleinen Beitrag zur

[1]) Avé-Lallemant: „Reise durch Süd-Brasilien", I. Tl. S. 184, 186, 185. [2]) Ebenda, S. 330. [3]) Beschoren, „Beiträge zur näheren Kenntnis der bras. Provinz Rio Grande do Sul", Erg.-Band 21, 1889—90. N. 96, S. 67. [4]) a. a. O. S. 354. [5]) Spix und Martius, Bd. I S. 316, 317. [6]) Ebenda, Bd. I S. 216, 264, 267, 288, 289. [7]) Avé-Lallemant, „Reise durch Südbrasilien", II. Tl. S. 439.

Kenntnis dieses Stromes.[1]) Das Wasser des Flusses ist nach Martius schwarzbraun.

V. Zweifelhafte Schwarzwasserflüsse.

Wir haben nun im vorhergehenden sämtliche Flüsse angeführt, von denen wir auf Grund authentischer Berichte mit Sicherheit wissen, dass sie schwarz und meistens ganz klar sind, so ungefähr, wie sie uns Humboldt als auffallend vom Atabapogebiet schildert. Wie wir später erfahren werden, muss es natürlich noch unzählige solcher Gewässer auf der grossen brasilianischen Masse geben, was auch die zahlreichen schwarzen Seen und Teiche, die dort auftreten, beweisen,[2]) und uns ferner hunderte von Namen „Rio Negro, Rio Preto" etc. bezeugen. Freilich müssen letztere Bezeichnungen, wie ich schon einmal erwähnte, mit Vorsicht aufgefasst werden, da sie meistens bloss auf Erkundigungen beruhen;[3]) allein die Existenz der meisten dieser Flüsse dürfte doch gegeben sein in dem Vorhandensein der örtlichen Umstände, die einen Schwarzwasserfluss mit klarem Wasser bedingen. Ganz anders liegen die Verhältnisse aber in Südamerika ausserhalb der brasilianischen Masse. Auch dort kommen sog. Rio Negros, wie unsere Karten zeigen, nicht selten vor, und namentlich Argentinien, speziell die Gran Chaco, ist reich an dunklen Gewässern, wie mir Herr Prof. Vogel aus München persönlich mitteilte; doch die Ursache dieser dunklen Färbung liegt offen zu Tage: Dadurch, dass diese Ströme meistens schlammigen und salzhaltigen Boden haben und mit zahllosen Salzmorästen und sumpfigen Lagunen in Verbindung stehen, können sie ganz dunkel und oft schwarz erscheinen, allein ein auffälliges Rätsel sind sie den Forschern noch nie geworden. Ich habe die besten Reiseberichte z. B. über den

---

[1]) Eschwege, „Brasilien, die neue Welt", 2. Tl. S. 61—64.
[2]) Spix und Martius, S. 1351, 1135, 1161, 1183, 1184, 1215. — Deutsche Rundschau 1898 S. 91. [3]) Auch in anderen Erdteilen ist es so; siehe: Baikie's Exploring Voyage p. B. „the Natives fancy, there is a difference in the colour of the two streams." London.

sehr gut erforschten „Rio Negro“ Patagoniens, durchstudiert und fand keine Stelle, nach der er als eigentlicher Schwarzwasserfluss zu betrachten wäre.[1-4]) Er kann zwar nach dem Darwin'schen[5]) Bericht an seiner Mündung von Schlamm- und Grusmassen so durchschwängert sein, dass er, namentlich zur Hochwasserzeit, grau und dunkel erscheint, allein ein eigentlicher Schwarzwasserfluss wie die „schwarzen Flüsse Brasiliens“ ist er nicht. Ähnliche Beispiele haben wir genug! Der Kara Darya (schwarzer Strom), ein Quellfluss des Sir Darya, hat seinen Namen nur von seinen durch Salz- und Grusmassen verunreinigten Fluten;[6]) das gleiche ist der Fall beim Inirida (schwarzer Fluss) Afrikas.[7]) Freilich, wo die Verhältnisse günstig für die Bildung von klaren Schwarzwassern sind, da müssen diese Gewässer vorhanden sein. So erzählt uns z. B. Humboldt, dass diese „schwarzen Wasser“, wenn auch selten, auf den Hochebenen der Anden vorkommen. „Wir fanden die Stadt Cuenca im Königreich Quito von drei Bächen umgeben, dem Machangara, dem Rio del Matadero und dem Yanuncai. Die zwei ersteren sind weiss, letzterer hat schwarzes Wasser. Dasselbe ist, wie das des Atabapo, kaffeebraun bei reflektiertem, blassgelb bei durchgehendem Licht.“[8]) Auch mehrere Seen in Peru fand Humboldt bräunlich, ja fast schwarz.[9]) Leider ist unsere Kenntnis über diese Gewässer zur Zeit noch so gering, dass wir uns vorerst mit diesen kurzen Angaben begnügen müssen.

---

[1]) Descalzi, „Der Rio Negro Patagoniens.“ Pet. Mittlg. 1856. S. 32. [2]) Zeitschrift d. Ges f. Erdk. 1882. z. B. S. 153. [3]) Wichmann: „Die Pampas des südl. Argentinien“; Pet. Mittlg. 1881. S. 99. [4]) „Wissenschaftl. Resultate einer argent. Expedition nach dem Rio Negro“ von Gustav Niederlein, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1881 S. 61. [5]) Charles Darwin, Naturalist's Voyage, London 1845 pp. 63–65. [6]) Sven Hedin, „Beobachtungen über etc.“, Verhandlg. der Ges. f. Erdk. z. Berlin. 1894. S. 160. [7]) Pet. Mittlg.: „Brief Walkers an Petermann“; S. 112. Jahrg. 1875. [8]) Humboldt, III. Bd. S. 195. [9]) Ebenda, S. 193.

D. Allgemeines über die Schwarzwasserflüsse Südamerikas.

I.

Das Steigen und Fallen der Schwarzwasserflüsse.

In unseren Klimaten, in mittleren oder höheren Breiten, wo die jährlich aus der Atmosphäre niederfallende Wassermenge sehr nahe durch alle Jahreszeiten gleich verteilt ist, ist auch der Wasserstand der Flüsse gleichmässig. Ganz anders gestalten sich diese Erscheinungen in den wärmeren Klimaten, und namentlich in Gegenden der Erde, welche innerhalb der Wendekreise liegen. Dort ist, wie wir aus den übereinstimmenden Berichten der Naturforscher wissen und wie es auch unmittelbar aus den Verhältnissen des Standes der Sonne und der Einwirkung, welche sie auf die Erdoberfläche ausübt, hervorgeht, keineswegs die Wassermasse, welche die atmosphärischen Niederschläge geben, das ganze Jahr hindurch auch nur annähernd gleich verteilt. Die Witterung teilt sich in diesen tropischen Klimaten in zwei sehr entschieden gegen einander hervortretende Jahreszeiten, in deren einer es gar nicht oder doch höchst selten, in der anderen dagegen häufig und reichlich regnet, und die man daher mit einer besonders passenden Bezeichnung die Trockenzeit und die Regenzeit zu nennen pflegt.

Dieses Verhältnis muss natürlich auch in dem Stande der Flüsse jener Länder sich wiederspiegeln, und der Wasserstand schwankt daher hier in regelmässig wiederkehrendem Verlauf. Angesichts der Bedeutung, welche die Vermehrung oder Verminderung des Wassers der Flüsse für die Kultur eines Landes hat, wird die Wasserstandsänderung ein Gegenstand grosser Beachtung und Wichtigkeit für die Anwohner. Eben deshalb wird auch in diesen Teilen der Erde das jährliche Austreten der Flüsse mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtet. Der regelmässige Verlauf und die nahezu sich gleich bleibende Höhe charakterisieren das regelmässig zu denselben Zeiten wiederkehrende Phänomen.

Selbstverständlich ist diese wichtige Erscheinung, wie wir im folgenden hören werden, auch bei den schwarzen Flüssen der bras. Masse deutlich bemerkbar; freilich, genaue Werte über die Höhe der

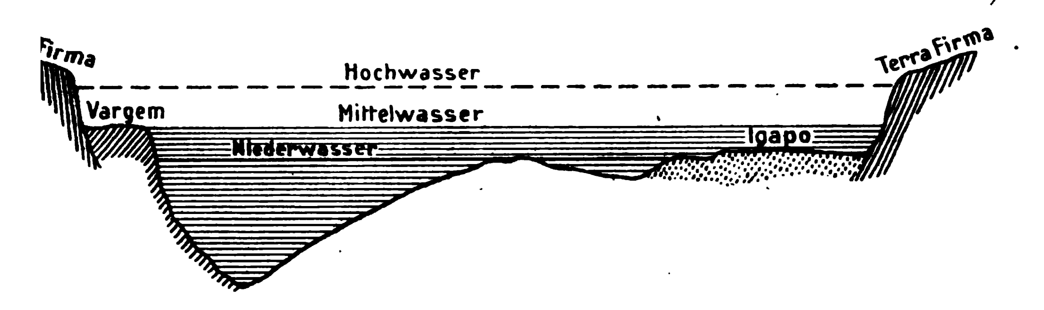
verschiedenen Wasserstände bei den einzelnen Flüssen fehlen fast vollständig, da Pegelbeobachtungen in diesem Gebiete so gut wie ganz fehlen. Aber dennoch sind wir im Stande, vermittelst zahlreicher natürlicher Wasserstandsmarken ungefähre Werte über das Fallen und Steigen dieser Gewässer zu geben; denn die durch die Überschwemmungen an den Ufern der Flüsse hervorgebrachten Veränderungen sind so augenfällig, dass selbst die Indianer mit der Beschreibung der Ufer die Höhe des Wasserstandes zu bezeichnen gewohnt sind. „Hochwasser", sagt Martius, „nennen sie Ygapó-ocu oder Ojepypyc-oaé, d. i. alles ertrunken; niedrigsten Stand: Cemeyba pirera, d. h. gefallene Ufer, weil dann die entblössten Ufer einzustürzen pflegen; den Zustand halber Stromfülle heissen sie Cemeyba pyterpe, d. h. halbe Ufer."[1] Die vom Wasser zur Periode seines Fallens an den Bäumen zurückgelassenen Schlammspuren sind es auch, welche den Reisenden an jene gewaltige Höhe erinnern, die das entfesselte Element zur Zeit der Überschwemmungen erreicht. Meist reichen die wildwogenden Fluten bis an die Wipfel der Bäume, die dem Drange der Wellen preisgegeben sind. „Der Samiria", schreibt z. B. Rimbach,[2]) „war, wie man an den Schlammmarken sah, erst wenig gefallen. Der dichte hohe Wald, der die ganze Gegend bedeckt, stand in der Nähe der Flussläufe überall unter Wasser." Aber wir haben nicht nur Wasserstandsmarken, die das vertikale Steigen dieser Gewässer bezeichnen; auch die Grenzen der Überflutungen landeinwärts sind meistens fest markiert durch fixe Linien und Flächen. Wir sehen ab von kleineren Erkennungszeichen, die die Ausdehnung dieser Überschwemmungen markieren, wie z. B. von der Thatsache, dass die Schildkröten nur ihre Eier, wie Spix und Martius berichten, an die äusserste Grenze grössten Wasserstandes legen, weshalb die unzähligen zerbrochenen Schalen ziemlich gute Merkmale bilden über die Ausbreitung der Gewässer zur Hochwasserzeit;[3]) wir denken namentlich an die Vegetation, die fast bei all diesen Flüssen, speziell in der Amazonasniederung, ein vortrefflicher Massstab für die horizontale Grösse dieser gewaltigen Überschwemmungen ist: es sind die drei Typen des Igapó, der Varzea und der Terra firma.[4])

Die erstere Vegetationsform, der Igapo, ist das bis zu 30—35 km breite, an den beiden Flussufern sich hinziehende Überschwemmungsgebiet, welches in der Regenzeit für mehrere Monate so überflutet wird, dass selbst die höchsten Bäume nur noch mit den Wipfeln über dem Wasser hervorragen. Das nächstfolgende Gebiet nimmt die

[1]) Spix u. Martius, Bd. III S. 1359. [2]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1897, 32. Bd. S. 387. [3]) Spix u. Martius, S. 1138 u. 1139. [4]) Keller-Leuzinger, S. 25 u. 26. — Bates S. 283; — P. M. 1867 S. 260 — Verh. d. Ges. f. E. 1890 S. 169.

Varzea ein. Sie wird nicht mit jedem Hochwasser überflutet und niemals bis zu bedeutender Tiefe. Bei normalem Wasserstande bildet sie fast durchgehends die Ufer. Die Terra firma endlich wird von der Hochflut nicht mehr erreicht. Der Wald hat hier ein ganz anderes Aussehen. Die Bäume erreichen oft eine Höhe von 60—70 m, und das Unterholz und die Schlingpflanzen, die sich von Baum zu Baum winden, stehen oft so dicht beieinander, dass man sich nur mühsam und Schritt für Schritt seinen Weg mit dem Waldmesser hindurchzubahnen vermag.

*)



Dass der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser bei den einzelnen Schwarzwasserflüssen wieder meist sehr verschieden ist, ist erklärlich. Die örtliche Lage des Flusses, der betreffende Flussabschnitt und die Niederschlagsmengen müssen hier in erster Linie berücksichtigt werden. Bei manchen der von mir betrachteten Schwarzwasserströme ist die Differenz zwischen dem höchsten und niedersten Wasserstande einigermassen bekannt. Sie beträgt z. B. beim:

Essequibo (im Oberlaufe)	8 m [1]
Rupununi	6 m [2]
Corentyn	6 m [3]
Rio Negro (Oberlauf)	4 m [4]
Rio Negro (Unterlauf)	10 m [5]
Xingu, oberhalb der Volta	4 m [6]
Xingu, unterhalb der Volta	3 m [7]

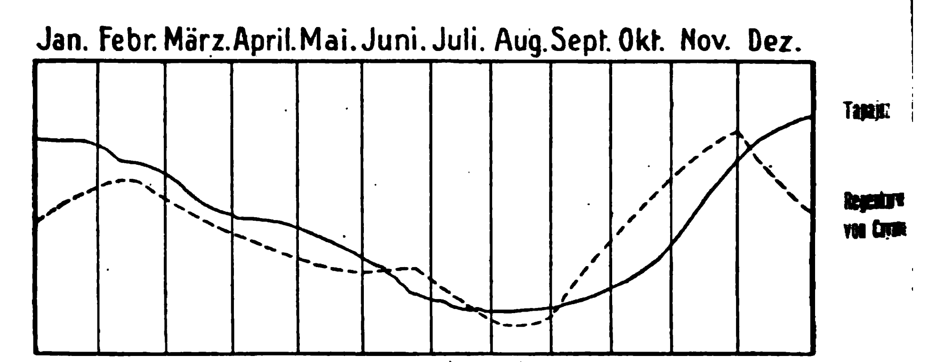
---

*) Obige „ideale Darstellung der verschiedenen Altersstufen der Ablagerungen" ist nach Franz Keller-Leuzinger gezeichnet. (Siehe: „Vom Amazonas u. Madeira", S. 25.)

[1]) Rob. Schomburgk S. 318. [2]) Ebenda S. 325. [3]) Ebenda S. 180. [4]) Coudreau, Bd. 2 p. 238. [5]) Prinzessin Therese von Bayern S. 82. [6]) Clauss, P. 1886 S. 171. [7]) Ebenda S. 171.

Araquaya bei S. Leopoldina	7 m [1])
Araquaya bei S. Maria	8—9 m [2])
Unterer Tocantins	10 m [3])
Tapajoz	9 m [4])

Was die genaue Dauer des Steigens und Fallens der südamerikanischen Schwarzwasserflüsse betrifft, sowie das Maximum und Minimum dieser Erscheinungen, so liegen darüber noch wenig Beobachtungen vor. Allerdings kann man im allgemeinen sagen, dass die Flüsse zu Beginn der Regenzeit steigen und beim Hereinbrechen der Trockenzeit rapid fallen; allein diese allgemeine Regel, die wir am Anfange schon erwähnten, wird in einzelnen Fällen durch verschiedene Faktoren oft so modifiziert, dass das Bild hierüber eine ganz andere Gestalt erhält. Um ein Beispiel zu gebrauchen, sei nur erinnert, dass der Rio Negro im Unterlaufe im November gerade den Anfang der Regenzeit hat und hier so ziemlich noch den niedrigsten Wasserstand haben würde, wenn nicht zu dieser Zeit eben sein grösster Zufluss, der Rio Branco, seine Hochwasserperiode hätte. Und was die Maxima und Minima dieser Erscheinung in den einzelnen Monaten betrifft, so sind natürlich genaue Beobachtungen darüber noch spärlicher. Um eine genaue Flutkurve von einem Gewässer zu erhalten, bedarf es eben längerer Zeiträume der Beobachtung und auch dann noch hat eine solche Kurve nur Wert für einen bestimmten Flussabschnitt.



Die einzige vorhandene graphische Darstellung des Steigens und Fallens einzelner südamerikanischer Flüsse ist die von Martius, B. III S. 1359. Auf welchem Material seine Skizze beruht, gibt der Forscher nicht an, wahrscheinlich auf Erkundigung. Die Kurve für den Tapajoz

---

[1]) Ehrenreich, G. G. E. 1892 S. 142. [2]) Ebenda. [3]) Ebenda.
[4]) Martius S. 1358. — Bates S. 204.

entspricht nach Martius ungefähr den Regenverhältnissen auf dem brasilianischen Plateau und stimmt so ziemlich mit der Regenkurve P. Vogels überein.[1])

Die beste Nachricht über den Wasserstand des Tapajoz gibt uns aber Katzer. Er schreibt:[2]) „Der Höhenunterschied zwischen dem Tief- und Hochwasserstande beträgt am unteren Tapajós durchschnittlich 5 bis 6 m. Die Trockenzeit mit Niederwasser dauert hier von Juli bis Dezember; am oberen Tapajoz tritt sie aber schon im Mai ein und dauert bis Oktober. Der höchste Wasserstand fällt oberhalb der Fälle auf den Dezember, am unteren Tapajoz jedoch auf den Februar, wobei ein Ausgleich der Wasserstände oft gewissermassen ruckweise zustande kommt und Eigentümlichkeiten aufweist, die näher studiert werden sollten. So soll z. B. im Jahre 1892 (im Februar) der höchste Wasserstand bei Curý um 22 cm unter jenem vom Jahre 1896 geblieben sein, wohingegen er bei Itaituba um 1,30 cm höher als jener vom Jahre 1896 gemessen wurde. Es war dies seit dem Jahre 1859 überhaupt der höchste beobachtete Wasserstand. Diese seltsamen Unregelmässigkeiten dürften wohl von den Stromriegeln und den Ausweitungen des Inudationsgebietes abhängig gefunden werden."

Die Kurve für den Xingu, die Martius gibt, entspricht ebenfalls den Regenverhältnissen auf dem brasilianischen Plateau: Beginn des Steigens im Oktober. Am untern Tocantins[3]) sind die Itaboca-Katarakte nur von November bis Mai passierbar; der Araguaya[4]) hat seinen höchsten Stand im Dezember und Januar. Was dann die Curve für den Rio Negro betrifft, so ist nicht recht klar, für welchen Flussabschnitt sie eigentlich gelten soll. Wahrscheinlich hat sie Bezug auf den Mittellauf, denn die von mir beigegebene Kurve nach Wallace, die den Wasserstandsverhältnissen im Fallgebiete des Rio Negro entspricht, deckt sich im wesentlichen mit der Kurve Martius'. „Der Fluss", schreibt Wallace,[5]) „der vom Juli an sehr langsam gefallen war, entleert sich schnell und hat im März gewöhnlich seinen tiefsten Stand. Anfangs April beginnt er plötzlich zu steigen und zwar bis Ende Mai um 6 m; dann langsam weiter bis zum Maximum im Juli, und beginnt dann mit dem Amazonas zu fallen."

Wie bedeutsam diese Erscheinung auch für die ganze organische

[1]) Vogel, „Reisen in Mato Grosso 1887/88" (Zeitschr. der Ges. f. Erdk. z. Berl. 1893. Tafel 5). Die Regenkurve gilt eigentlich für Cuyaba; da das obere Flussgebiet des Tapajoz aber in unmittelbarer Nähe liegt, so benützten wir sie als Vergleichsobjekt. [2]) Globus 1900 S. 284. [3]) u. [4]) Ehrenreich, Verh. d. Ges. f. E. 1889 p. 439 u. Z. d. Ges. f. Erdk. 1892 p. 142. [5]) Wallace, travels p. 430.

Lebewelt ist, schildert uns Avé-Lallemant in unvergleichlich schönen Worten:[1]) Das Steigen der Flüsse wird niemals eine Überschwemmung genannt. Wohnungen, Pflanzungen, Viehhürden, — alles ist auf das Steigen der Flüsse eingerichtet. Furchtlos sieht man das unabsehbare Element anschwellen und seine volle Höhe erreichen. Die Tiere des Waldes ziehen sich weit zurück vom Flusse und machen ebenso, wie der Fluss wächst und fällt, ihre typischen Wanderungen.

„Je mehr nun der Fluss wieder fällt, desto höher treten seine Ufer wieder hervor, desto mehr erscheinen in dem Strome von meerartiger Ausdehnung Sandbänke und nackte Schlamminseln. „Die Zeit der Ufer" („o tempo das prayas") nennt man diese Zeit. Und jetzt entwickelt sich wieder ein volles, reges Tierleben am Ufer. Tapire. Capivaris und andere Nager zeigen sich; die Unzen kommen zum Fischen an das Ufer; mit dem Schwanze, den sie in das Wasser hineinhängen lassen, locken sie die Fische an und mit der Tatze schleudern sie geschickt ihre Beute auf das Trockene. Mehr und mehr zeigen sich Reiher und Strandläufer. Wo die Fische sonst hausten, laufen die befiederten Bewohner der Lüfte und des Waldes umher, ein buntes Gewimmel und Getümmel."[2])

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass die zahlreichen Schwarzwasserflüsse, die dem Atlantischen Ozean ihre Fluten zusenden, auch unter dem Einflusse der Gezeiten stehen. Oft 80—110 km landeinwärts ist bei den Strömen Guayanas der Flutstrom ersichtlich und die Stauung im Unterlaufe des Essequibo beträgt meist 7—8, bei Springflut meist 10—12 Fuss Höhe.[3]) Am Demerara ist die Flutwelle nach Schomburgk bei den Normalgezeiten sogar 10 Fuss hoch[4]) und am Waini, 110 km von der Mündung entfernt, werden jedesmal beim Tidenstrome die Ufer vollständig unter Wasser gesetzt.[5]) Von den Schwarzwasserflüssen Brasiliens, die sich in das Meer ergiessen, wissen wir, dass auch sie der Einwirkung der Gezeiten nicht entzogen sind· der Mojû teilt sogar mit dem Amazonas die Pororoca,[6]) und vom Rio Peruaguaçu schreibt Martius, dass er mit dem

[1]) „Reise durch Nord-Brasilien", II. Tl. S. 104. [2]) Siehe auch Martius, Bd. III S. 1359; ferner Martius Bd. II S. 535. [3]) Rich. Schomburgk, Bd. II S. 257. [4]) Ebenda, Bd. II S. 443 [5]) Ebenda, Bd. II S. 448. [6]) Martius, Bd. III S. 1042.

benachbarten Meere Ebbe und Flut teile und dass die Schifffahrt auf ihm stromaufwärts erst mit dem Beginn der Flut erfolgen kann.[1])

Von welch tiefgreifendem Einflusse namentlich die Gezeiten in Guayana für die Bewohner sind, schildert uns Joest in vortrefflicher Weise. „Man darf nie vergessen", schreibt er, „dass es hier weder Landstrassen noch überhaupt irgend welche Strassen, Reit- oder Fahrwege, Pfade und dergleichen gibt, dass also der ganze Verkehr, wenn er auch nur gering ist, ausschliesslich auf den Wasserweg angewiesen ist. Und das in einem Lande, wo alle Flüsse täglich zwölf Stunden stromaufwärts fliessen, die jeden Tag zu einer anderen Stunde einsetzende Ebbe und Flut sich auch im Innern dermassen bemerklich macht, dass der Unterschied des Wasserstandes der meisten Flüsse zwischen niedrigstem Stande bei Ebbe in der trockenen Zeit und höchstem Stande bei Flut während der Regenperioden, da wo die Wasser sich stauen, 30—40 Meilen von der Mündung stromaufwärts noch bis über zehn Meter, am Orinoco oft zwanzig Meter beträgt."[2])

II. Moor- und Sumpfbildungen an den Ufern der schwarzen Flüsse.

Wohl nirgends fanden die sumpf- und moorbildenden Agentien so günstige Verhältnisse zu ihrer Entwickelung, als an den Flussufern der schwarzen Flüsse Südamerikas. Das Ineinandergreifen und Zusammentreffen fast aller nur möglichen Moorbildungsursachen musste naturgemäss jene gewaltigen Phänomene hervorrufen, die, was ihre Dimensionen betrifft, unter ähnlichen Erscheinungen der gemässigten Zone ihresgleichen suchen.

Schon im vorausgehenden haben wir erfahren, dass sich der grösste Teil der schwarzen Gewässer Südamerikas durch sein geringes Gefälle auszeichnet. Durch die grosse Ebenheit der Bodenfläche einerseits und die ganz geringe Strömung der Flüsse andererseits musste naturgemäss Infiltration des Wassers eintreten, welchen Vorgang uns schon Franz von Paula Schrank[3]) vor einem Jahrhundert in seiner

---

[1]) Martius, Bd. II S. 619. [2]) Joest, „Guayana im Jahre 1890", Verh. d. Ges. f. Erdk. zu Brl. 1891. S. 393. [3]) Frz. v. Paula Schrank, Naturhist. u. ök. Briefe des Donaumooses. 1795.

Theorie von der Entstehung des Donaumooses klar gelegt und Gümbel[1]) und Soyka[2]) in überzeugender Weise bestätigt haben. Da nun, bedingt durch die Horizontalität des Bodens, die schwarzen Flüsse Südamerikas, ähnlich unseren Moorbächen, auf vielverschlungenen, gekrümmten Pfaden dahinziehen, in ihrem Verlaufe durch steten Wechsel der Breite des Bettes und durch Serpentinbildung gekennzeichnet, so begünstigen ausser der dadurch verstärkten Infiltration zahlreiche Überschwemmungen und Stauungen des Wassers die Bildung von Sümpfen und Mooren. Es kann uns deshalb nicht wundern, dass auch die Savannenflüsse das ganze Jahr hindurch sumpfige Ufer haben können, zudem sie ja ausserdem noch meistens von Galeriewäldern begleitet sind.

Ein weiterer Faktor, der als wichtiger Sumpfbildner hier auftritt, ist die überaus grosse atmosphärische Feuchtigkeit. Das Kapitel über die Niederschlagsverhältnisse im Gebiete der Schwarzwasserflüsse lässt sofort einen Schluss auf das Vorhandensein dieser Sumpfbildungen ziehen. Im Gebiete des Rio Negro und oberen Orinoco, auf dem Berglande von Guayana, in der Amazonasniederung und im östlichen Teile des Berglandes von Brasilien sind die Niederschlagsmengen geradezu enorm, hier finden wir infolgedessen auch ausgedehnte Sumpf- und Moorbildungen. Im südlichen Brasilien und auf Mato Grosso sind zwar die Niederschlagsmengen nicht gerade gering, aber ungünstig auf die Jahreszeiten verteilt, infolgedessen herrscht hier, mit Ausnahme einiger von Urwäldern begleiteten Flussufer, die Campregion vor.

Dazu kommen die geognostischen Verhältnisse. Die Gesteinsarten, deren Verwitterungsprodukte an der Oberfläche die durchlässige Schicht bilden, sind die alten Urgesteine: Gneis, Glimmerschiefer, Granit und der geologisch jüngere Sandstein. Die chemische Beschaffenheit dieser Gesteine ist, wie die Tabelle III sagt, fast gleich. Auch ihre Zersetzungsprodukte stimmen in dieser Hinsicht überein: jener Grus und Sand, der im Gebiete der schwarzen Flüsse fast überall zu finden ist, ist nichts anderes, als was wir in Afrika Laterit nennen. Nun ist bekannt, dass Laterit sehr permeabel ist. Zufolge seiner Wasserkapazität hält er die Feuchtigkeit zurück, die durch Adhäsion an die Bodenteile, sowie durch Capillarität der Hohlräume gebunden wird. Dadurch dass nun unterhalb der durchlässigen Verwitterungsprodukte die undurchlässigen Tonsubstanzen und die Urgesteine und Sandsteine dem Wasser entgegentreten, sammeln sich allmählig die Wasser hier an, verdrängen die Luft aus den Poren der durchlässigen Schicht und füllen diese selbst mit ihrer Feuchtigkeit aus. Dass dadurch den sumpfbilden-

---

[1]) Gümbel; Geologie v. Bayern II. Bd. S. 367 und 368. [2]) Soyka; „Die Schwankungen des Grundwassers“ etc. Wien 1888.

den Agentien allein schon ein vorzüglicher Ort zu ihrer Entwickelung geboten ist, bedarf keiner näheren Ausführung.

Doch nicht genug! Hier auf diesem feuchten und fruchtbaren Boden konnte sich auch eine Vegetation bilden, die einem Urwalde das Leben verlieh. Selten betritt ein menschlicher Fuss diese undurchdringlichen Wälder, keine Axt fällt die meterdicken Baumriesen. Wo der Sturm einen Stamm zu Boden wirft, bleibt dieser liegen. Aus den abgestorbenen Ästen und Zweigen, aus verfaulten Blättern, toten Waldpflänzchen und dichten Streumassen bilden sich am Boden schlammige Humus- und Moorschichten, die das Wasser aus der Atmosphäre mit Begierde aufsaugen und in dem undurchdringlichen Schatten des Walddickichtes auch leicht zurückhalten. Diese Moore sind (in Bayern haben wir ähnliche Erscheinungen: Die Moore des Böhmerwaldes)[1]) echte Waldmoore (Holzmoore), im Wald und aus dem Walde entstanden, in ihren unteren und oberen Schichten fast völlig aus Waldresten und Baumstrünken zusammengesetzt.

Dass Wälder Ursache von Sumpf- und Moorbildungen sein können, ist bereits bewiesen worden durch die zahlreichen Untersuchungen Arendts, Andersens u. a. Die Ansicht von Le Quereux — der sich noch heutzutage zahlreiche Geographen anschliessen, und die in manchen Lehrbüchern irrtümlicher Weise immer noch Eingang findet —, dass nämlich die Waldmoorbildung nicht unmittelbar, sondern erst durch Sphagna, die sich auf dem modernden Holze einfinden, entstehe, ist schon durch Sendtner[2]) treffend widerlegt und später durch Gümbels[3]) klassische Arbeiten als unrichtig nachgewiesen worden.

Da im Gebiete der schwarzen Flüsse Kalkeinlagerungen so gut wie ganz fehlen, und die Thonschiefer, Granite, Glimmerschiefer und Sandsteine die Hauptbestandteile der festen Bodenschicht bilden, werden sämtliche Moore dort zu den kalklosen Mooren gerechnet werden müssen. „Nicht das Mass des Wasservorrats, auch nicht die physikalischen Eigenschaften des Untergrundes, deren Modifikationen in beiden Verhältnissen gleichen Umfang haben, entscheidet die Verschiedenheit, sondern allein das chemische Element", sagt Sendtner. Es kommt, wie hier betont sei, dabei nur auf die chemische Beschaffenheit des Wassers, das das Moor durchtränkt, an, nicht auf die chemische Beschaffenheit des Untergrundes des Moores. Wiesenmoore sind z. B. die Moore der Kalkgegenden, soweit sie von kalkhaltigen Flüssen, Quellen etc. getränkt werden, Hochmoore (Moosmoore) dagegen sind

[1]) Baumann, „Die Waldmoore des Böhmerwaldes" (Forst-naturwissenschaftl. Zeitschrift. München 1896. S. 15). [2]) Sendtner, „Die Vegetationsverh. Südbayerns"; S. 637. [3]) Gümbel, Geologie v. Bayern Bd. I S. 419.

an weiches Wasser gebunden. Wenn aber ein Wiesenmoor soweit emporgewachsen ist, dass seine Oberfläche dem Einfluss der Kalkgewässer sich entzieht, dann kann auf dieser Oberfläche sich ein Hochmoor bilden, das dann aber sein Wasser nur direkt von der Atmosphäre als Regen, Tau u. s. w. bezieht, also weiches Wasser. So kommt es, dass auch auf Kalkboden z. B. im Schweizer Jura, Hochmoore oft in grosser Ausdehnung auftreten, aber nie direkt auf Kalk, sondern dann eben auf einem emporgewachsenen Wiesenmoor. Mangel an Kalk ist z. B. Vorbedingung für die Entstehung eines Hochmoores, was wiederum in den Gewässern zum Ausdrucke kommt. Welch grosser Unterschied zwischen den Kalkmoorgewässern und den Gewässern kalkfreier Moore in chemischer Beziehung besteht, beweisen folgende Analysen:

I. Kalkmoorwasser: (Moosachwasser aus Schleisheim):[1])
Im Liter Wasser Milligramm: Kalk **102**.
Kieselsäure **1,6**.

II. Hochmoorwasser: (Weisser Regen oberhalb Kötzting):[2])
Im Liter Wasser Milligramm: Kalk —
Kieselsäure **10,18**.

Inwieweit dieser grosse Unterschied, der in der chem. Beschaffenheit der Gewässer dieser beiden Moorarten besteht, deren Farbe beeinflusst, werden wir später sehen. In diesem Kapitel möchten wir nur noch erwähnen, dass sich die Sumpf- und Moorbildungen der Tropenzone Südamerikas insoferne von denen unserer Gegenden unterscheiden, als sie sich **nicht** zu Torfbildungen umgestalten können Senft sagt hierüber in seinem Buche: „Die Humus-, Marsch-, Torf und Limonitbildungen" folgendes: „Ausser den torfbildenden Gewächsen zu denen unter günstigen Verhältnissen alle Pflanzenarten tauglich sein können, der geeigneten Unterlage und dem nötigen Wasservorrate, gehören nun ganz besonders bestimmte klimatische Verhältnisse zur Umwandlung der abgestorbenen Pflanzen in Torfsubstanz. Es müssen die durch des Sommers Wärme zur Verwesung angeregten Pflanzenreste durch des Winters Fröste in ihrer Verwesung gehemmt und ihre schon erzeugten Humussubstanzen unempfindlich gegen den Sauerstoff und die übrigen Verwesungspotenzen gemacht werden. Dies alles kann aber nur in denjenigen Landesgebieten der Erde stattfinden, in denen mit verhältnismässig kurzen, häufig feuchten Sommern frostreiche Winter wechseln." Daraus ergibt sich, dass die Torfbildungen hauptsächlich der gemässigten Zone angehören müssen, wie es auch thatsächlich der Fall ist. Hier sind die klimatischen Verhältnisse derart, dass sie einerseits zu üppiger Vegetation der Pflanzenwelt anregen, andererseits

[1]) Diese Analyse wurde mir von Herrn Wein, zur Zeit Professor zu „Weihenstephan" bei Freising gemacht. [2]) Siehe Tafel IV.

aber auch mit Hilfe des luftabsperrenden Wassers die vollständige Verwesung der abgestorbenen Vegetabilien hindern, somit die Torfbildung ermöglichen. In der kalten Zone sind die Bedingungen für das Entstehen von Torfmooren weit weniger günstige, weil dort jener üppige Pflanzenwuchs fehlt, der eine Anhäufung grosser vegetabilischer Massen bedingt. In den Tropen dagegen, wo die Mittel zu einer überaus reichen Vegetation in vollstem Masse gegeben sind, wirkt wieder die sich während des ganzen Jahres gleichbleibende hohe Temperatur derart beschleunigend und fördernd auf den Zersetzungsprozess der abgestorbenen Pflanzenteile ein, dass es nur zu gewöhnlichen Sumpf- und Moorbildungen kommen kann. Dadurch aber, dass dieser Zersetzungsprozess in heissen Gegenden viel rascher vor sich geht, wird ungeheuer viel Humussäure an die Gewässer abgegeben, was, wie wir später erfahren werden, von grossem Einfluss auf die Farbe derselben sein kann.

III. Biologie der schwarzen Flüsse.

In den letzten zwei Jahrzehnten hat die Erforschung der Flüsse auch nach der biologischen Seite hin gewaltige Fortschritte gemacht. Zuletzt hat besonders Ule auf die Bedeutung dieser Arbeiten hingewiesen.[1]) Ganz eigenartige Verhältnisse liegen allem Anscheine nach in biologischer Hinsicht bei den schwarzen Flüssen vor, und es wäre ohne Zweifel eine äusserst verdienstvolle Arbeit, die genannten Gewässer auch nach dieser Seite hin gründlich und allseitig zu erforschen. Schon Humboldt[2]) hat beobachtet, dass sich in den schwarzen Gewässern zwischen dem 5. n. und dem 2⁰ S. B. sehr wenige Krokodile und noch weniger Fische aufhalten, und dass die Moskitos, die sonst in Schwärmen von Millionen in den Tropen die Reisenden belästigen, hier in auffallend geringer Zahl sich finden. Speziell vom Atabapo erzählt Humboldt, dass es im eigentlichen Bette dieses Flusses oberhalb von San-Fernando keine Krokodile und keine Seekühe mehr gäbe und dass nur hie und da eine Boa oder einzelne Süsswasserdelphine zu treffen seien.[3]) Auch zahlreiche andere Forscher bestätigen, dass die

[1]) Ule, „Die Gewässerkunde im letzten Jahrzehnt", Geogr. Zeitschrift von Hettner, 3. Heft, Leipzig 1900 S. 168. [2]) Humboldt, „Ansichten der Natur" S. 128. [3]) Humboldt, „Reisen etc." S. 212.

schwarzen Flüsse ungemein arm an Lebewesen sind. „Im Tapajos sind die Fische selten," schreibt Bates,[1]) und vom Jacuhy berichtet Avé-Lallemant,[2]) dass das Wasser desselben arm an Lebenserscheinungen sei. „Kaum einzelne Schildkröten sieht man, die auffallend schlecht untertauchen. Fast nie zeigt sich ein Fisch. Oft freilich scheinen einzelne grössere dicht unter der Oberfläche des Wassers sich zu bewegen, kommt man aber hinzu, so entdeckt man den Irrtum: ein Baumast unter dem Niveau kräuselt die Fläche, eine Untiefe macht einen kleinen Wirbel und mit Mühe nur streift das Dampfschiff dahin über den Steinboden des Flusses. Vom Rio Negro schreibt Ihre Königliche Hoheit Prinzessin Therese von Bayern (S. 82): „Wie alle Schwarzwasserflüsse beherbergt auch der Rio Negro wegen Mangels an Wasserpflanzen und Ufergras verhältnismässig wenig Fische und ist auch von der entsetzlichen Mückenplage befreit, welche den Aufenthalt am Amazonas zu einem so qualvollen macht." Auch der Uruquay ist fast gänzlich bar an grösseren Lebewesen. „Er kam mir wie ein Totenfluss vor", schreibt Avé-Lallemant,[3]) „kein Tierleben am Strande; kein Fisch sprang aus der Tiefe auf, kein Vogel flog über das averner Wasser im Westen von Rio-Grande."

Diese merkwürdigen Erscheinungen bedürfen, wie schon erwähnt, noch der allseitig begründenden Erforschung. Was das Fehlen der Krokodile im Atabapo anbelangt, so scheint diese Thatsache nur auf beschränkte örtliche Verhältnisse zurückzuführen zu sein; denn die übrigen Schwarzwasserflüsse Guayanas und des Amazonenthales zeigen keinen Mangel an solchen Tieren. Nach Spix und Martius lieben diese Wesen das ruhige, warme Wasser der Flüsse und Seen und werden in grossen Mengen in solchen Gewässern gefunden.[4]) Da nun der Atabapo ausnahmsweise unter den dunklen Gewässern eine tiefere Temperatur als sein heller Hauptstrom, der Orinoco hat, was seinen Grund ohne Zweifel im beständigen Laufe des Atabapo durch unermessliche Urwälder haben wird, so darf mit Recht angenommen werden,

---

[1]) Bates, S. 173. [2]) Avé-Lallemant, „Reise durch Südbrasilien", I. Tl. S. 188. [3]) Avé-Lallemant, a. a. O. S. 323 (I. Tl.) [4]) Spix und Martius, S. 1161.

dass die Krokodile einzig und allein das Orinocowasser deshalb lieber aufsuchen, weil es 2°—3° wärmer ist als das Atabapowasser.[1]) Diese Erklärung dürfte ebenso auch auf den Mangel an Seekühen im Atabapo zutreffen, denn auch diese Tiere lieben nach den Aussagen der Forscher Spix und Martius die wärmeren Gewässer mehr als die kühleren. Dass aber ein Temperaturunterschied von 2°—3° in den Tropengegenden von den Organismen schon sehr empfunden wird, ist von allen Reisenden, die diese Gegenden schon besucht haben, bestätigt worden und bedarf keiner näheren Erörterung. Dagegen dürfte das geringe Vorhandensein von Fischen in den Schwarzwassern besondere Beachtung verdienen. „Während wir auf dem Amazonas und Solimoes schifften", schreibt Martius, „fehlte es niemals an Jagd, und mit jedem Wurfe des Netzes zog man 50 bis 100 Fische von verschiedener Grösse heraus. Das Gegenteil findet auf den schwärzlichen Gewässern des Rio Negro statt. Weder der Wald noch das Wasser bieten etwas dar, und man kann Tage lang fischen, ohne einen Fisch zu erbeuten."[2]) Dieser Mangel an Fischen wurde nicht nur bei den dunklen Gewässern Südamerikas konstatiert, sondern er zeigt sich auch sehr bedeutend bei den Schwarzwasserflüssen der bayerischen Oberpfalz. Dass diese Erscheinung im engsten Zusammenhang mit der chemischen Beschaffenheit der Gewässer gebracht werden muss, ist fast allgemeine Anschauung der Gelehrten. Baumann schreibt z. B. über die diesbezüglichen Verhältnisse der oberpfälzischen Flüsse: „In der Region des Gneises, Granits, Glimmerschiefers sind die Quellen und Flüsse ausserordentlich arm an gelösten Mineralsubstanzen, insbesondere sind Boden und Gewässer so arm an Kalk und Magnesia, dass die ganze Tier- und Pflanzenwelt eine eigenartige Ausbildung erfahren musste."[3]) Auch Schwager[4]) und Gümbel[5]) haben für diese Erscheinung die gleiche Erklärung und bestätigen eine auffällige Armut an Tieren und eine eigentümliche, an Arten verhältnismässig sehr arme Flora. Da nun die schwarzen Flüsse Südamerikas in ihrer Entstehungsweise eine auffallende Ähnlichkeit mit den oberpfälzischen Gewässern zeigen, so dürfte auch bei ihnen der Mangel an zahlreichen Fischen durch die grosse Armut an Mineralsalzen, namentlich durch das Fehlen von Kalk und Magnesia, zu erklären sein. Ob auch die Flora der südamerikanischen Schwarzwasserflüsse jene eigentümliche Ausbildung, wie diejenige der Oberpfalzgewässer, zeigt, entgeht unserer Kenntnis, da bis jetzt eingehende Studien darüber nicht vorliegen; aber

[1]) Humboldt, „Reise etc." S. 208. [2]) Spix u. Martius, S. 1292 3. Bd. [3]) Baumann, Forstl. und Naturwissenschftl. Zeitschr. 1896 S. 19. [4]) Schwager, Geognostische Jahreshefte 1894. [5]) Gümbel, Geologie von Bayern 1894 2. Bd. S. 419.

wahrscheinlich wird sich auch bei ihnen diese Erscheinung bemerkbar machen.[1])

Und das Fehlen der Moskitos an den Ufern der schwarzen Gewässer Südamerikas? Über diese auffällige Erscheinung, die sämtliche Südamerika-Forscher bestätigen, gibt uns Martius Aufschluss. Nicht wie andere Insekten, wie z. B. der Pium,[2]) folgen die Moskitos dem Zuge der Wärme und des Lichtes, sondern sie erheben sich mit Sonnenuntergang von dem Schlamme der Ufer und den Gesträuchen in der Nähe der Gewässer, und fliegen, bald höher, bald niedriger, je nach dem Zuge der Winde, in zahllosen Schwärmen einher. Martius schreibt: „Es ist bereits von Herrn von Humboldt bemerkt worden, dass diese Schnaken sich nicht in der Nähe solcher Flüsse aufhalten, die, im ganzen angesehen, braunes oder schwärzliches Wasser führen Auch wir machten die Bemerkung. Wahrscheinlich sind die in dem schwarzen Wasser aufgelösten Extractivstoffe den Eiern und den Larven verderblich, während der Flussschlamm der übrigen Gewässer ihre Entwickelung und Vermehrung begünstigt."

---

[1]) Interessant sind in dieser Beziehung die Beobachtungen Schwagers bei den oberpfälzischen Flüssen. Er fand, dass zwar eine grosse Armut an grösseren Lebewesen in diesen Flüssen bemerkbar sei, dagegen konnte er auffallend viel Diatomeen im Vereine mit braunschwarzen Flocken unbestimmter Art nachweisen. Diese Thatsache schreibt er dem Umstande zu, dass die Urgebirgsgewässer vornehmlich an Kieselsäure reich sind und daher dem Wachstum der Diatomeen-Kieselpanzer mit ihrem gelbbraunen Zellplasma und den stets diese begleitenden braunen Flocken ein hervorragend günstiges Feld zu deren Wachstum bieten. „Manche Quellflüsse", sagt Schwager, „scheinen auf diese Weise wie mit manganhaltigen Eisenausscheidungen erfüllt, was sich bei näherem Zusehen immer als diese Anhäufung von zweifelhaften kleinsten Lebewesen pflanzlicher Natur herausstellt. Dass diese Erscheinung in den grösseren Sammelwässern dem Auge entrückt ist, liesse sich durch die grössere Verteilung dieser Masse erklären, eine Folge der Bewegung des Wassers. Treten im Verlauf ihres Weges für jene Organismen günstige Lebensbedingungen ein, zu denen wir einen gewissen Salzgehalt des Wassers und verminderte Bewegung gewiss rechnen können, so wird leicht eine bedeutende Vermehrung derselben Platz greifen können." — Ähnliche Resultate gewannen auch A. Fric und V. Vávra bei ihren Untersuchungen der Urgebirgswasser des „Schwarzen See" und des „Teufelssee" im Böhmerwald. (Bd. 10 No. 3 der naturwissenschaftlichen Landesdurchforschung von Böhmen. — Siehe auch Globus 1898 pag 152.) [2]) Spix u. Martius S. 1056, 1857, 1058.

Ob das geringe Vorhandensein der Insekten an den schwarzen Gewässern nicht auch mit der Grund ist für die geringe Zahl an Fischen, das dürfte gewiss weiterer Beobachtungen wert sein.

IV. Langsame Vermischung der Schwarzwasserflüsse mit den Weisswasserströmen.

Bei der Vereinigung der Schwarzwasserflüsse mit den Weisswasserströmen kann man durchweg die äusserst interessante Erscheinung beobachten, dass eine Vermischung der verschiedenfarbigen Wasser nur sehr langsam vor sich geht. Das Wasser des Rio Negro ist, wie schon erwähnt, noch mehrere Meilen unterhalb der Mündung des Flusses in den Amazonas sichtbar; nach Chandless' Mitteilungen kann man ferner die schwarzen Wasser des Paranapixuna nach seiner Mündung über 5 km unvermischt mit jenen des Purus dahinströmen sehen,[1]) ja während des Novembers, in welchem Monat der Rio Branco ausnahmsweise mehr Wasser hat als der Rio Negro, kann man noch 30 km unterhalb ihrer Vereinigung die Wasser der beiden Ströme von einander unterscheiden.[2]) Es ist klar, dass die erkennbare Farbe nur das äussere Zeichen ist, das uns sagt, wie weit das getrennte Nebeneinanderfliessen der Ströme im gemeinsamen Hauptbette dauert.

Fragen wir nach den Gründen dieses eigentümlichen Phänomens!

Die Schwarzwasserflüsse sind mit ganz geringen Ausnahmen langsam dahinfliessende Gewässer. Mündet nun so ein träger Strom in einen raschen Weisswasserfluss, so werden nach den Gesetzen der Druckkraft die Wasser des langsamen Flusses umsomehr auf die Seite gedrängt, je grösser das Gefälle und die Wasserfülle des Weisswasserstromes sind; dagegen wird sich die Vermischung desto mehr beschleunigen, je mehr ihre Stromstärke und ihre Geschwindigkeit einander gleichkommen. Nirgends können wir diese Thatsache schöner beobachten als bei der bayerischen Stadt Passau. Ilz und Inn münden hier fast einander gegenüber in die Donau. Während aber der die Ilz an Grösse zehnmal übertreffende reissende Inn schon 200 m unterhalb der Mündung seine Fluten vollständig mit denen der Donau vermischt hat,

---

[1]) Pet. Mittlg. 1867 S. 259. [2]) Reclus, Bd. 19 S. 126.

sind die Wasser der kleinen trägen Ilz nahezu 500 m unterhalb ihres Einflusses in die Donau erkennbar.

Die Schwarzwasserflüsse sind sehr arm an anorganischen Substanzen, ihre Wasser sind also spezifisch leichter als jene der oft mit Minerallösungen geschwängerten helleren Ströme.[1]) Infolgedessen bewegen sich die Wasser der dunklen Flüsse auf der Oberfläche der schwereren Wasser dahin und müssen von oben aus eine Vereinigung mit den letzteren bewerkstelligen. Dass dieses viel längere Zeit in Anspruch nimmt, bedarf keines weiteren Beweises.

Endlich spielen auch die verschiedenen Temperaturen sich vereinigender Flüsse eine sehr bedeutende Rolle bei der Vermischung verschiedenfarbiger Wasser. Bei meinen zahlreichen Untersuchungen habe ich stets beobachtet, dass sich das wärmere dunkle Wasser auf dem kälteren helleren Wasser ausbreitet.[2]) Es sei mir auch gestattet,

[1]) Nach Spix und Martius beträgt z. B. das spez. Gewicht des:
a) Rio Negrowassers bei der Barra (schwarz) bei 15° R. = 1,0568.
b) Tapajozwassers bei Santarem „ „ „ „ = 1,0511.
c) Madeirawassers oberh. d. Mündung (weiss) „ „ „ = 1,0645.
d) Yapurawassers „ „ „ „ „ „ „ = 1,0607.

[2]) Die zahlreichen Messungen an den Mündungen der Ilz, des Regen, der Wörnitz und mehrerer kleiner Moorflüsse Oberbayerns ergaben fast durchaus die Thatsache, dass die dunklen Wasser immer 1—2°, oft sogar 2—3° wärmer waren als die der naheliegenden Hellwasserflüsse. Es hängt dies wohl einerseits mit dem langsameren Lauf der schwarzen Flüsse, andererseits mit der Thatsache zusammen, dass die dunkleren Farben die Sonnenstrahlen mehr aufsaugen, als die helleren. Interessant sind besonders die Ergebnisse meiner Beobachtungen an der Mündung der Ilz und des Inns in die Donau. Sie sollen hier eine Stelle finden:

	1. Beobachtung 24. Juli 1901, mittags 2 h.:	2. Beobachtung 2. September, mittags 2 h.:
a) Ilz: 30 m oberh. d. Mündg.	19°C	16°C.
an der Mündung	19° „	16° „
50 m unterh. d. Mündg.	17° „	14° „
80 „ „ „ „	16° „	13° „
b) Donauwasser bei der Mündung der Ilz	16° „	13° „
c) Inn: 30 m oberh. d. Münd.g	17° „	12° „
an der Mündung	17° „	12° „
80 m unterh. d. Mündg.	16° „	12° „
150 m „ „ „	16° „	12° „

Ohne Zweifel ist nach meinen Beobachtungen die geringere Beweglichkeit der Schwarzwasserflüsse der Hauptfaktor, der eine höhere

das Ergebnis einer Untersuchung Sven Hedin anzuführen, die der berühmte Forscher in Asien am Zusammenflusse der den Sir Darya bildenden Quellflüsse Narin und Kara Darya machte. Er schreibt darüber: „Die Verteilung der Temperaturen und Farben des Wassers gibt zu einigen ganz interessanten Schlussfolgerungen Veranlassung. Am rechten Ufer zeigte das Thermometer +1,1° C.; 60 m davon +1,5°; 60 m vom linken Ufer +2,1° und dichter am linken Ufer +2,3°. Hier „rauchte" der Fluss (um 11 Uhr vormittags bei —9,7° Lufttemperatur); dichte, aber durchsichtige Wolken von Wasserdampf stiegen in die Luft empor. Der Führer des Prahms teilte mir mit, dass dieser Nebel früh morgens so dicht gewesen war, dass der Prahm, sobald er den Stand verlassen hatte, ausser Sicht kam und ein grosses Feuer auf dem gegenüberliegenden Ufer, das als „Leuchtturm" diente, gar nicht zu sehen war. Dieses Phänomen sei bei dieser Jahreszeit sehr gewöhnlich. Am rechten Ufer rauchte der Fluss jetzt gar nicht. Hier hatte aber ein Wasserstreifen von ungefähr 15 m Breite dieselbe klare, hellgrüne Farbe wie das Wasser des Narim; dann wurde die Farbe mit einem Mal grau bis zum linken Ufer, genau so wie im Kara Darya (schwarzer Fluss). Dies zeigt, dass die Wassermassen der beiden Flüsse noch sechs Werft unterhalb deren Vereinigung sich nicht gemengt haben, oder vielmehr, dass das warme Wasser des Kara Darya sich auf dem kalten Wasser des Narim ausbreitet, das nur am rechten Ufer in einem schmalen Wasserfaden noch zu Tage tritt. Dass dieses helle Narim-Wasser sich

---

Temperatur gegenüber den raschfliessenden Hellwasserströmen bewirkt. Eine Wärmeschichtung, wie sie bei langsamströmenden Gewässern eintreten kann, ist bei schnellfliessenden Flüssen ganz ausgeschlossen; die Erwärmung durch die Sonne verteilt sich daher bei den rasch fliessenden Flüssen auf eine grössere Wassermenge und macht sich daher überall geringer bemerkbar; bei langsam fliessenden Wassern aber bleibt sie mehr auf die Oberflächenschichten konzentriert, wozu, wie schon erwähnt, auch noch die die Sonnenstrahlen begierig aufsaugende dunkle Färbung jener Flüsse kräftig mitwirkt.

Dass mit dieser Temperaturerhöhung eine Verminderung des spezifischen Gewichtes der betr. dunklen Gewässer Hand in Hand geht, mithin dieselben bei steigender Temperatur sich ausdehnen und dadurch leichter werden, ist klar. Dieser Umstand, mit Berücksichtigung der bereits oben erwähnten grossen Armut dieser Gewässer an anorganischen Substanzen, befördert in höherem Grade noch ein Fortbewegen der dunklen Wasser auf der Oberfläche der schwereren Hellwasserflüsse, bis eine allmählige Vermischung von oben aus sich vollzieht, selbstverständlich zu Gunsten des wasserreichsten Stromes.

aber auf so kurze Strecke um einen ganzen Grad hat erwärmen können, ist eigentümlich, beruht jedoch auf der innigen Berührung mit dem wärmeren Kara-Darya-Wasser."[1])

Interessant ist es, dass auch die beiden Schomburgk eine ähnliche Beobachtung beim Essequibo und Rupununi machten, die als weiterer Beweis, dass die verschiedenen Temperaturen der sich vereinigenden Flüsse eine wichtige Rolle bei der Vermischung verschiedenfarbiger Wasser spielen, hier erwähnt werden soll. Richard Schomburgk schreibt: „Am nächsten Morgen erreichten wir nach beinahe vierwöchentlichem Kampf mit dem Strom und den Stromschnellen unter 3° 59′ 45″ n. B. die Mündung des Rupununi, eines der Hauptnebenflüsse des Essequibo, der diesem von S.-W. her zuströmt. Da das Wasser des Essequibo hier eine schwärzliche, das des Rupununi aber eine trübgelbe Färbung hat, so konnte man letzteren Strom noch weit in den Essequibo hinein verfolgen, bevor beide Flüsse ganz miteinander vereint dem Ocean zurollten. Merkwürdig war es, dass die Temperatur des schwärzlichen Wassers des Essequibo 2° höher war als die des gelblichen Rupununi."[2])

Robert Schomburgk schreibt darüber[3]) (die Beobachtungen wurden 6 Jahre früher gemacht): „Sowohl hier (am Einflusse des Rupununi in den Essequibo), als am Cuyuni untersuchte ich den Unterschied in der Temperatur des schwarzen und weissen Wassers und erhielt folgende Resultate:

I) 25. Sept.: Temp. der Luft um 7 Uhr vorm. 79° F. = 26° C.
„ „ „ des Mazaruni um 7 Uhr vorm. (schwarz) 84° „ = 29° „
„ „ „ „ Cuyuni „ „ „ „ (weiss) 83° „ = 28¹/₃° „

II) 22. Oktober. Temperatur um 6 Uhr vormittags:

Luft	Essequibo (schwarz)	Rupununi (weiss)
75° F. = 24° C.	82° F. = 27⁷/₉ C.	80,5° F. = 26,5° C.

III) 22. Oktober. Temperatur um 6 Uhr abends:

Luft	Essequibo (schwarz)	Rupununi (weiss)
80° F. = 26²/₃° C.	83° F. = 28¹/₃° C.	81° F. = 27²/₉° C.

Die Linie der Wasserscheide war ganz deutlich und das Thermometer wurde 30 Yards (= 55 m) davon entfernt eingesetzt." Auch vom

[1]) Sven Hedin: „Beobachtungen über die Wassermenge des Sir Darya im Winter 1893—1894. Verhandlg. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin Bd. 21 No. 2 und 3 S. 161. [2]) Schomburgk, Richard, „Reisen in Britisch Guiana", Leipzig 1847, I. Tl. S. 341 u. 342. [3]) Schomburgk, Robert, „Reisen in Guiana und am Orinoco" 1835—1839, Leipzig 1841 S. 67 und 68

Rio Negro schreibt Martius, dass sein Wasser wärmer ist als die „kühleren“ Fluten des Solimoês,[1] und die Wasser des Rio Branco fand er an der Mündung mit einer Temperatur von $26\frac{1}{2}^{0}$ C., diejenigen des Rio Negro dagegen mit einer solchen von 27^{0} C.[2]

E. Analogien.

Wie wir im Laufe unserer Abhandlung gesehen haben, sind die Schwarzwasserflüsse auf der grossen „Brasilianischen Masse“ eine fast allgemeine Erscheinung. Ihr Vorkommen ist jedoch nicht allein auf dieses Gebiet beschränkt, diese Gewässer kommen auch, — wenn auch vereinzelt — in anderen Teilen des südamerikanischen Kontinentes vor. Fragen wir nun: treffen wir auch ähnliche Erscheinungen in den übrigen Erdteilen an? Schon Humboldt erwähnt aus den alten Erdbeschreibungen die schwarzen Bäder von Astyra und Lesbos und macht ferner aufmerksam auf die braunen, ja fast schwärzlichen Seen von Savoyen, die er mit eigenen Augen gesehen.[3] Der damalige Stand der Geographie ermöglichte es ihm nicht, auch andere Gebiete zum Vergleiche anzuführen, wo dieses Phänomen besonders ausgeprägt und ausgedehnt erscheint. Unsere heutigen geographischen Kenntnisse, obwohl ebenfalls, namentlich in Bezug auf die Erforschung der Flüsse, noch auf sehr schwacher Basis ruhend, ermöglichen es jedoch, einen grösseren Ausbreitungsbezirk für diese merkwürdige Erscheinung anzugeben. So finden wir die Schwarzwasserflüsse z. B. unter dem nämlichen Tropenhimmel, unter den nämlichen Begleiterscheinungen und in fast gleichgrosser Ausdehnung im benachbarten

Afrika.

Eine ganze Anzahl von Kongotributären hat z. B. nach den Aussagen zahlreicher Afrikaforscher die nämliche klare

---

[1]) Martius, S. 1292. [2]) Ebenda S. 1295. [3]) Humboldt, Bd. III S. 193.

schwarze Farbe wie die Flüsse Brasiliens und Guayanas. Lassen wir einzelne Forscher und Gelehrte selbst sprechen:

In Sievers „Afrika" [1]) heisst es: „Von Norden erhält der Congo den Nkuku oder „Schwarzen Fluss", dessen Wasser wie das aller aus dem Waldgebiete kommender fast schwarz ist, den Itimbiri oder Rubi, den 550 m breiten Magala und mehrere kleinere Tributäre. Von links ist zwischen dem Lubilasch-Lomani und 1° n. Br. kein einziger nennenswerter Nebenfluss zu bemerken, denn die südlich des Kongobogens fliessenden Flüsse machen denselben Bogen wie der Kongo selbst in abgeschwächtem Maasse nach. Zu diesen gehören der Lulongo und der Buruki oder Tschuapa, von denen der erste aus zwei Flüssen zusammenfliesst, dem Maringa im Süden und dem Lopori im Norden, beide müssen zwischen 0° und 1° n. B. im Süden des Kongobogens entspringen. Der Maringo ist von Grenfell und François [2]) im September 1885 bis 22° östl. L. verfolgt worden, der Tschuapa von demselben Reisenden im Oktober 1885. Sein linker Nebenfluss ist der Bussera. Da auch diese Flüsse das grosse Waldgebiet durchfliessen, haben sie ebenfalls schwarzes Wasser."

Auch der Lukenje, den Kund und Tappenbeck befahren haben, zeigt jene klare, schwarze Farbe. Kund schreibt: [3]) „Schweigend wälzt der Fluss seine schwarzen Fluten im Sonnenglanze zwischen dem hohen Urwalde dahin." Tappenbeck sagt, dass unterhalb der Mündung des Lukenje oder Mfini, wo sich die gesamte Wassermasse des südlichen Kongobeckens zwischen 2° s. Br. und der Wasserscheide in eine einzige starke Wasserader zusammendränge, im gelben Grundtone derselben das schwarze Wasser des Lukenje-Mfini noch lange Zeit sichtbar wäre. [4]) „Sämtliche Gewässer überall im Lande zwischen Koango und Lukenje", sagt ferner Kund, [5]) „sind in der Farbe sehr verschieden, vom schwarz, wie es den ersten moorigen Zuflüssen der Donau etwa eigen, durch lichtbraun bis zur klarsten Farbe wie unsere Gebirgsbäche abgestuft." — Vom Luapula schreibt Paul Reichard: [6]) „Freudig begrüssten wir den Strom, dessen paradisische Landschaft jeder Beschreibung spottet. Hunderte von Inseln ragen aus dem dunkeln, klaren Wasser des mit hehrem Rauschen dahingleitenden Stromes hervor etc. . ." Auch der Leopold II-See, [7]) der

[1]) Sievers: „Afrika" 1891 S. 95; — Sievers: Afrika 1901 S. 364. [2]) Vergl. Verh. der Ges. f. Erdk. z. Brl. Bd. 13, 1886 S. 161. [3]) Verhandlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. Bd. 13 S. 331. [4]) Verhdlg d. Ges. f. E. z. Berl. Bd. 13 S 491. [5]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. Bd. 13 S. 319. [6]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1886. [7]) Sievers: Afrika 1901 S. 364.

Kagera-Nil,[1]) ja sogar der „weisse Nil" haben klare, schwarze Fluten. Von letzterem berichtet Schweinfurt:[2]) „Der Sobat stösst in flachen, soweit das Auge reicht von endlosen Steppen umgebenen Ufern zum Nil und hat an der Mündungsstelle etwa die halbe Breite des Hauptstromes. Die den Bergstrom kennzeichnenden, durch schwach milchige Trübung gefärbten Wasser stechen noch auf eine weite Strecke von den tiefschwarz erscheinenden Fluten des „Weissen Nils" ab, dennoch wird das Sobatwasser dem letzteren weit vorgezogen, welches zwar durchscheinend klar, nachdem es durch eine Filter von Gras gelaufen, aber dem Gaumen wegen seines faden, sumpfigen Nachgeschmacks durchaus nicht angenehm erscheint. Der Einfluss der beiden Gewässer lässt sich bis Faschoda hinab verfolgen etc. . ."

Gehen wir nach

Nord-Amerika,

so finden wir, abgesehen vom grossen Quellfluss des Mackenzie, dem grossen „Black-River", namentlich im Mississippi-System die sogenannten „blackwaters" auffallend ausgeprägt. Manche Ströme davon, wie der „Black-River", der durch seine Fälle weltbekannt ist und unter ungefähr 92° 30' w. L. und 44° n. B. in den Mississippi mündet, ferner Ströme wie der „Black-River", der in den White River, und der „Black River", der in den Washita sich ergiesst, haben meist die ansehnliche Grösse von einem ziemlich grossen Hauptstrome Deutschlands. Ob nun diese genannten „blackwaters" der grossen Apalachischen-Ebene aber auch „sämtlich" die klare, schwarze Färbung zeigen, wie ihre südamerikanischen Kollegen, ist nicht festzustellen, da sich trotz allen Suchens in der Literatur hierüber keine Angaben finden.

Dagegen ist von den Flüssen der Nordamerikanischen Südstaaten, die ihren Ursprung auf den Alleghanys haben, bekannt, dass sie namentlich in ihrem Unterlaufe jene Farbenerscheinung zeigen, wie der Rio Negro Brasiliens oder wie der Atabapo Venezuelas. Deckert schreibt darüber in seiner grossen Abhandlung: „Land und Leute in den Nordamerikanischen Südstaaten":[3]) „In ihrem Oberlaufe sind die

[1]) Baumann, Oskar: „Reise durch Deutsch-Massailand und zur Quelle des Kagera Nil"; Verh. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. [2]) Schweinfurth: „Im Herzen von Afrika." Leipzig 1878 pag. 17. [3]) Deckert: „Land u. Leute in den ‚nordam. Südstaaten'," Zeitschr. der Ges. für Erdk. z. Berlin 1887.

Ströme der Südstaaten fast allenthalben rasch und reissend, und infolge ihres ausserordentlichen Reichtums an Sinkstoffen stellen sie daselbst fast ohne Ausnahme trübe Schmutzfluten dar, die je nach ihrem Gehalt an Eisenoxyden bald gelblich weiss, bald gelb-rot gefärbt sind. In ihrem Unterlaufe dagegen fliessen sie langsam und ruhig dahin, und vielfach könnte man fast von einem Schleichen oder Stagnieren bei ihnen reden, ihr Wasser aber erscheint durch die reducierende Wirkung der darin modernden Pflanzenstoffe schwärzlich gefärbt und bis auf den Grund hinab durchsichtig."

Asien.

Auch Asien hat seine Schwarzwasserflüsse mit klarem, dunklem Wasser. Die sämtlichen Urgebirgswasser um den Baikalsee scheinen schwarze Fluten zu haben. Der „Baikal-See" selbst zeigt jene schwärzliche Färbung;[1]) ferner wissen wir auch vom „schwarzen Irkut"[2]) und vom Amur,[3]) dass ihnen die Bezeichnung „Schwarzwasser" vollständig gebührt. Von letzterem Fluss schreibt z. B. Perry: „Nach der Vereinigung der beiden Quellflüsse hat das Wasser des Amur, vom Ufer aus gesehen, eine schwärzliche Farbe, in einem Glase betrachtet zeigt es eine helle Schattierung von Theefarbe. Die Tartaren nennen deshalb den Fluss Sachalin oder Karamuran, d. i. Schwarzfluss."[4]) Aus Maximowicz's Reise entnehme ich:[5]) „Weiter unten im Tiefland wird das Wasser des Amur sehr trübe. Der Dsungari trägt die Schuld daran; dieser ist so trübe und trägt einen so grossen lehmigen Niederschlag mit sich, dass das Amur-wasser ebenfalls getrübt und braun erscheint." In seinem Unterlaufe scheint der Amur also kein klarer Schwarzwasserfluss mehr zu sein.

Europa.

In Europa scheinen die Schwarzwasserflüsse ebenfalls den alten Gebirgsarten eigen zu sein. In Süd- und Nord-Irland, in Schottland und in Schweden treten diese Gewässer

[1]) Pet. Mittlg. 1860 S. 262. [2]) Pet. Mittlg. 1857 S. 144. [3]) Pet. Mittlg. 1861 S. 262. [4]) Pet. Mittlg. 1859. S. 24. [5]) Pet. Mittlg. 1862 S. 168.

nämlich in grosser Anzahl auf. Die sogenannten „blackwaters" Irlands vergleicht schon Reclus[1]) mit den „schwarzen Flüssen Südamerikas", und von den Gewässern „Schottlands" berichtet uns Ruith, dass sie ebenfalls schwarz sein: „Schwarz sind die Berge gefärbt, schwarz die Gewässer."[2])

Von den Seen von Vester- und Norbotten in Skandinavien sagt ferner Hoppe:[3]) „Die Seen, die hier aufeinander folgen, sind echte Lappmarksseen, d. h. düstere, von Granitbergen umgebene, tiefe, dunkle Gewässer." Vom „Vindalelf" bemerkt derselbe Autor: „Der Vindalelf, ein grosser Nebenfluss des Umeelf, ist sehr reissend und sein Wasser ist dunkler, so dass man auch nach ihrer Vereinigung das ‚schwarze' Wasser des Vindalelf von dem helleren des Umeelf unterscheiden kann." Wie im „Kaledonischen Gebirge" von Suess, so sind die schwarzen Gewässer nun auch im variscischen Gebirgszuge zu finden. Schon aus den alten Quellen lesen wir: „nach dem Rhein geend in das gross deutsch Meer Vidrus, ein schwartzwasser in hessen entspringende aus den Bergen Chattorum"[4]) oder „vidrus hodie unda nigra in chattorum montibus oriens."[5]) (Kiepert denkt bei Vidrus an die Vechte, doch dürfte dieser Fluss nicht gemeint sein.) Namentlich im Schwarzwald haben die kleinen Flüsse und Bäche, wie ich selbst beobachtet, klare und schwärzliche Wellen, und auch die Bezeichnung „dunkler" Mummelsee ist keine leere dichterische Phrase. Am auffälligsten schwarz sind jedoch die Ströme der alten „böhmischen Masse". Schon „Hans Sachs" schreibt in seinem Gedicht: „die hundert vnd zehen wasserflues des deutschen landes:"

„Die Ylcz fur Pasaw trub vnd schwarcz."[6])

Schwager sagt davon: „In scharfem Gegensatz stehen zu den südlichen Zuflüssen und der Donau selbst, welche meistens bald eine bläulich grüne, bald wieder eine grünliche Färbung aufweist, die nördlichen Flüsse des Urgebirges. Diese zeigen meist die braune Farbe, die bei einigen bis zum tiefen Schwarz übergeht. Auch die Flüsse des

---

[1]) Reclus, Bd. 19 S. 128. [2]) Ruith: „Land- u. Seefahrten in Schottland." Jahresbericht der Geogr. Ges. in München 1872 S. 118. [3]) Hoppe Otto: „Schweden in Wort u. Bild. Breslau 1891 S. 40. [4]) Seb. Frank: Weltbuch „ein kurtze aussoerterung der geschwell, Grentz, berg, waeld, flüss, voelcker uund statt Germanie etc., Jahresbericht d. Geogr. Ges. z. München, 14. Hft. 1896 S. 36. [5]) Wilib. Pirckheimer, „Germania", Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. zu München, 1896 S. 36. [6]) Jahresber. d. Geogr. Ges. z. München, 14. Hft. 1896 S. 28.

Fichtelgebirges stellen sich in dieser Beziehung zur Seite. Nach der Farbenabstufung ergibt sich folgende Reihe: Naab, Regen, Erlau, Saale, Ilz und als das dunkelste jenes des Rachelsees." [1])

F. Farbe.

a) Urteile über die Färbung der Schwarzwasserflüsse von Seite mehrerer Forscher.

Über die Ursache der schwarzen Färbung unserer betrachteten Flüsse haben sich schon die verschiedensten Forscher geäussert. Lassen wir hier zunächst die Meinungen derselben folgen:

1. Eine etwas nähere Betrachtung schenkte schon Franzisco Xavier Ribeiro de S. Payo (1743) dem Rio Negro-Wasser. „Obgleich die wahre Farbe des Wassers", schreibt er, „wenn man es in ein Glas thut, weingelb ist, so erscheint es doch bei der grossen Tiefe des Flusses wie schwarze Tinte. Ob nun diese Farbe durch aufgelöste mineralische oder vegetabilische Substanzen entstehe, dies lasse man dahingestellt sein." [2])

2. Humboldt (1800) schreibt: [3]) „Das Wasser des Lagartero sah bei durchgehendem Lichte goldgelb, bei reflektiertem kaffeebraun aus Die Farbe rührt ohne Zweifel von gekohltem Wasserstoff her. Man sieht etwas Ähnliches am Düngerwasser, das unsere Gärtner bereiten, und am Wasser, das aus Torfgruben abfliesst. Lässt sich demnach nicht annehmen, dass auch die schwarzen Flüsse, der Atabapo, der Zama, der Mataveni, der Guainia, von einer Kohlen- und Wasserstoffverbindung, von einem Pflanzenextraktivstoff gefärbt werden? Der starke Regen unter dem Äquator trägt ohne Zweifel zur Färbung bei. indem das Wasser durch einen dichten Grasfilz sickert. Ich gebe diesen Gedanken nur als Vermutung. Die färbende Substanz scheint in sehr geringer Menge im Wasser enthalten; denn wenn man das Wasser aus dem Guainia oder Rio Negro sieden lässt, sah ich es nicht braun werden wie andere Flüssigkeiten, welche viel Kohlenwasserstoff enthalten." . . . . „Die meisten der gleichen Farbenerscheinungen kommen bei Gewässern vor, welche für die reinsten gelten, und man wird sich vielmehr an auf Analogien gegründete Schlüsse als an die

[1]) Schwager, Hydrochem. Untersuchg. im Bereiche des unteren Donaugebietes. Geognostische Jahreshefte VI S. 67 ff. [2]) Eschwege: Brasilien, die „Neue Welt." II. Tl. S. 143. [3]) Humboldt, III. Bd. S. 195.

unmittelbare Analyse halten müssen, um über diesen noch sehr dunklen Punkt einiges Licht zu verbreiten." (Humboldt Bd. III S. 193.)

3. Martius (1817) sagt:[1]) „Dass die Entstehung der dunklen Gewässer durch ganz örtliche Verhältnisse bedingt sei, wird vorzüglich durch die Verschiedenheit der Färbung mehrerer Wasseranhäufungen im Umkreise weniger Stunden dargethan. Überall konnte ich die Bemerkung machen, dass die schwarzen Wasser das Licht stärker zerstreuten, als die weissen, was der Meinung Raum geben möchte, dass sie irgend einen brennbaren Stoff (Bitumen, Torf oder andere vegetabilische Extractivstoffe?) aufgelöst enthalten."

4. Nach Bates (1847)[2]) rührt die olivenbraune Farbe des Rio Negro daher, dass die Wasser dieses Flusses während der jährlichen Überschwemmungen mit grünem Laube gesättigt werden.

5. Wallace (1848)[3]) schreibt die dunkle Färbung der Schwarzwasser vegetabilischen Substanzen zu. Er sagt: „Die Thatsache, dass die reinsten Schwarzwasserflüsse durch Distrikte mit dichtem Wald fliessen und Granit-Betten haben, scheint zu zeigen, dass es die Filtration des Wassers durch zerfallende vegetabilische Substanz ist, die ihm seine besondere Farbe gibt. Fliesst ein Fluss aber durch Distrikte, in denen er hellgefärbtes Sediment aufnehmen kann, so wird er ein ‚Weisswasserfluss'."

6. Keller-Leuzinger (1874) berichtet:[4]) „Obgleich das Rio-Negrowasser an und für sich von kristallheller Durchsichtigkeit, scheint es, an Stellen grösserer Tiefe gesehen, ganz dunkelbraun, beinahe schwarz. Es teilt übrigens diese Farbe, welche von verfaulten Pflanzenstoffen, hauptsächlich von einer Art schwimmenden Grases, welches in den Lagos (Seen) zu beiden Seiten des Flusses in unglaublicher Menge wächst, mit vielen anderen Flüssen des Landes."

7. Chandless (1862) sagt:[5]) „Warum die eine Art der Flüsse klares, dunkles Wasser und die andern trübes Wasser zeigen, ist eine Frage, die nicht leicht anders als hypothetisch zu beantworten ist; gerade wie beim Photographieren: wir wissen, was den Niederschlag verursachen wird, aber (gewöhnlich) nicht, was ihn verursacht hat . . . . Dass die dunkle Färbung des Wassers vegetabilischen Substanzen zuzuschreiben ist, ist sehr wahrscheinlich; aber diese Annahme ist oft mit einer anderen zweifelhafteren verbunden worden, nämlich der, dass die Flüsse mit dunklem Wasser von Seen kommen. Dass die Seen

---

[1]) Spix u. Martius, III. Bd. S. 1351 [2]) Bates, S. 185. [3]) Siehe Schichtel S. 70. [4]) Keller-Leuzinger S. 25. [5]) Chandless, Journ. R. G. S. 1870 S. 421 u. 423.

des Amazonenthals fast allgemein dunkles Wasser haben, ist wahr; aber das scheint daher zu kommen, dass die Ströme, welche sie speisen, dunkel sind, nicht daher, dass das Wasser dort dunkler wird, obgleich es natürlich frei von Satz werden würde."

8. Ehrenreich (1889) schreibt:[1]) „Die eigentliche Ursache (der Schwarzwasserflüsse Süd-Amerikas) ist noch ziemlich dunkel. Nur so viel steht fest, dass das Wasser dieser Flüsse fast gar keine anorganische, aber sehr viel organische Substanz (Huminsäure) enthält."

9. Sievers (1891)[2]) vergleicht die schwarzen Ströme Süd-Amerikas mit den schwarzen Flüssen Afrikas. „Viele der schwarz gefärbten Gewässer kommen aus den offenen Savannen, nicht aus dem Urwald, und entstehen wahrscheinlich im moorigen, eisenhaltigem Boden, so dass die Analogie mit den äquatorialen schwarzen Zuflüssen des Congo unleugbar ist."

10. Eingehender bespricht Schichtel (1891)[3]) dieses eigenartige Phänomen. Er sagt: „Dass die schwarze Farbe nicht vom Granit-Untergrund abhängt, zeigt die Angabe bei Chandles, nach der eine ganze Reihe von kleinen Zuflüssen des Purus im lockeren Alluvialland schwarzes Wasser führen. Dasselbe wird sich überall da finden, wo die Quellwasser des Flusses durch die Humusdecke des Urwaldbodens durchsickern und entweder über harten Fels fliessen oder nicht Arbeitskraft genug besitzen, um ihren weichen Untergrund zu erodieren. Die Richtigkeit der von Wallace gegebenen Erklärung für die Farbe der „Schwarzwasserflüsse" bestätigt das mir von Herrn Pfaff gütigst zur Verfügung gestellte Resultat seiner in Manaos angestellten Analysen. Er fand in 100000 Teilen Wasser des Rio Negro den enormen Betrag von 30 Teilen organischer Substanz (pro 30 Liter mg). Bereits Martius (p. 1351) hatte von dem von ihm beobachteten stärkeren Dispersions-Vermögen der Schwarzwasserflüsse für das Licht auf ihren Gehalt an brennbaren Stoffen geschlossen. Dieses physikalische Verhalten deutet auf gelöste organische Bestandteile hin; der grössere Teil derselben scheint indes nach den Angaben des Herrn Pfaff suspendiert zu sein; auch nach der Filtration waren unter dem Mikroskop noch pflanzliche Elemente zu erkennen."

Schichtel stellt auch eine vergleichende Betrachtung zwischen den gelösten Bestandteilen des Amazonas- und Rio Negro-Wassers auf Grund von Analysen von Mellard-Reade und Pfaff an.[4]) Diese Analysen ergaben:

---

[1]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdk. z. Brl. 1890 S. 160 u. 161. [2]) Sievers, „Amerika" S. 77. [3]) Schichtel S. 70 u. 71. [4]) Schichtel S. 96.

100000 Gewichtsteile Wasser enthalten gelöste Bestandteile:

Amazonas:
(nach Reade von einer zu Santarem in der Mitte des Amazonas im Juni 1878 entnommenen Probe).

SiO_2	0,98
$Al(OH)_3 + Fe(OH)_3$	0,38
$CaCO_3$	2,75
$MgCO_3$	0,22
KCl	0,23
NaCl	0,15
Na_2SO_4	0,13
Organische Bestandtt. (exkl. der ungelösten B.)	0,71
Sa.	5,92

Rio Negro:
(nach Pfaff von einer aus dem Rio Negro bei Manaos entnommenen Probe).

SiO_2	0,67
$Al(OH)_3 + Fe(OH)_3$	0,34
CaO	0,06
SO_3	0,04
K+Na (als Cloride)	0,29
CO_2	0,04
Org. Bestandtt. inkl. d. ungel. Bes.	28,90

Die Analyse des Rio Negro-Wassers zeigt hier augenscheinlich neben dem enormen Gehalt an organischen Bestandteilen eine verschwindend kleine Menge von Ca, was den Gedanken erzeugen muss, dass hier analytisch das Granitgebiet des Rio Negro zum Ausdrucke kommt.

11. Ebenfalls auf chemischem Wege suchten Müntz und Marcano (1888)[1]) die Ursache der schwarzen Färbung dieser Flüsse zu finden. Sie schreiben: „Die Ursache der Farbe dieser Wasser ist unaufgeklärt. Der eine von uns, Herr Marcano, ist in der Lage gewesen, die schwarzen Flüsse zu beobachten und in einer ausführlichen Beschreibung des oberen Orinoco, die peinliche Genauigkeit der von Alex. v. Humboldt angeführten Thatsachen zu konstatieren. Wir haben in der chemischen Zusammensetzung die Erklärung für diese Eigenart gesucht.

„Die Regionen, in welchen man diese Wasser antrifft, ist die Granitformation, bedeckt mit üppiger tropischer Vegetation. Das untersuchte Muster ist im Laboratorium angekommen, 2 Monate nachdem es dem Flusse entnommen: es hatte seine Farbe bewahrt, einen frischen und angenehmen Geschmack und eine vollkommene Klarheit.

„Die Analyse dieses Wassers hat ergeben, dass es per Liter 0,028 gr organische Substanz enthält, die beinahe ganz aus jenen braunen, noch schlecht definierten Säuren besteht, wie sie sich in Torfmooren bilden. Dieses Wasser reagiert sauer, die Reaktion verstärkt sich mit zunehmender Konzentration, bis sie dem Geschmacke sehr fühlbar wird.

[1]) Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Academie des Sciences, Paris 1888 S. 908 Bd. 107.

Man findet darin wenig Kalk (weniger als 0,001 gr per Liter); die Humussubstanz befindet sich also in ungebundenem Zustande. Nitrate fehlen ganz. Andere mineralische Substanzen sind spärlich vorhanden; ihre Summe überschreitet nicht 0,016 gr per Liter; sie bestehen aus Kieselsäure, Eisen- und Manganoxyden, Aluminium und Kali mit Spuren von Ammoniak.

„Die Herkunft dieser Gewässer und ihre Zusammensetzung ermöglichen uns, eine Erklärung ihrer Farbe und ihrer Eigenschaften zu geben. Diese Wasser haben sich durch die Lösung der freien Humus-Säuren gefärbt, welche sich durch die Zersetzung vegetabilischer Substanzen auf Granitboden, niemals auf Kalkboden gebildet haben. Sie gleichen in dieser Hinsicht den Wassern, welche aus Torfmooren ablaufen. Sie behalten ihre Farbe dauernd, weil bei Abwesenheit von Kalk und trotz des Luftzutritts der Nitrifikationsprozess und daher die Verbrennung der organischen Substanzen nicht vor sich gehen kann, wie dies das vollständige Fehlen der Nitrate beweist."

12. Herr Dr. Katzer, lange Zeit als Geologe in Brasilien thätig, hatte die grosse Liebenswürdigkeit, dem Autor zu schreiben: „Der Typus der Schwarzwasserflüsse Südamerikas ist der Rio Negro im Staate Amazonas. Sein Wasser ist auch im Glase bräunlich und unklar und behält einen bräunlichen Stich auch nach wiederholter Filtrierung, durch welche alles Suspendierte entfernt wird. Die Analyse lehrt, dass die Färbung wesentlich auf gelöste organische Substanzen zurückzuführen ist.

„Der in Südamerika, besonders im Amazonasgebiet allgemeine Sprachgebrauch bezeichnet jedoch als Schwarzwasserflüsse noch jene, deren Wasser im auffallenden Lichte dunkelgrün erscheint, wenngleich es viel klarer ist, als die sog. „weissen Flüsse."

So die wichtigsten Ansichten einer Reihe von Gelehrten, die dem Problem näher getreten sind. Eine neue, eingehende Bearbeitung der Frage wird durch die bisher aufgestellten Hypothesen immer noch nicht überflüssig gemacht.

b) Versuch zur Lösung des Problems.

Die Frage nach den Ursachen der wechselreichen, das Auge so sehr bestechenden Farbenerscheinungen des Wassers ist so alt wie die Naturbetrachtung überhaupt. Freilich eine Theorie der Farben, wie sie die moderne Physik ausgebildet hat, darf bei den Alten niemand erwarten; ihr Standpunkt in dieser Sache war von vornherein ein von dem heutigen

durchaus verschiedener. Schon von den Anfängen im Mythus bis zur Farbenlehre des Aristoteles zieht sich der Dualismus von Licht und Finsternis fort, deren Gegensatz sich in den zwei Hauptfarben „Weiss" und „Schwarz" kennzeichnet. Aristoteles[1]) bringt die Farben in direkte Verbindung mit den vier Elementen, indem nach seiner Auffassung dem Prinzipe des Lichts: Feuer und Luft, dem dunklen Chaotischen: Wasser und Erde entspreche. Das Wasser entbehre des Warmen, weil es aus dem Nassen und Kalten bestehe, und müsse deshalb auch notwendig die dunkle Farbe besitzen. Zahlreiche Übergangsstufen, die durch Mischung erzeugt würden, vermitteln jedoch die äussersten Gegensätze, wodurch dann die Entstehung der übrigen Farben bedingt sei, und zwar in der Weise, dass vom Weissen gegen das Schwarze hin lichtgelb, rot, violett, grün und blau als Mittelstufen angesehen werden.

Strabo[2]) schreibt die verschiedenen Farbenabstufungen der Gewässer dem Reflex der umgebenden Landschaft zu, Plinius berührt diese Frage überhaupt nicht. Auch das Mittelalter dachte über diese Sache wenig nach und betete einfach, wie in anderen naturwissenschaftlichen Fragen, die Traditionen des Altertums gläubig nach.

Erst mit dem Aufschwunge der mathematischen und physikalischen Wissenschaften in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts wendete man den Erscheinungen der Lichtbrechung vorzügliche Aufmerksamkeit zu. Seit Newtons Entdeckung der Zerlegbarkeit des Sonnenlichtes in die prismatischen Farben wird die Thatsache, dass dunkle Körper unter Beleuchtung des weissen Tageslichtes in den verschiedensten Farben auftreten, dahin ausgedrückt, dass die Körper je nach ihrer Beschaffenheit nur bestimmte Farbenstrahlen des Lichtes zurücksenden, während die übrigen im weissen Lichte enthaltenen Farben entweder absorbiert oder durchgelassen werden. Newton bezeichnet die violetten, blauen und grünen Strahlen als jene, welche das Wasser

[1]) Prantl, „Aristoteles über die Farben." 1849. S. 109ff.
[2]) Geogr. libr. XII.

reflektiert, und hält nach einer von Halley in einer Taucherglocke gemachten Beobachtung die roten Strahlen für die durchgelassenen, während Arago[1]) die reflektierten Strahlen als blau und die durchgelassenen als grün bezeichnet. Beide Vermutungen zeigten sich indes bei direkter Prüfung nicht begründet.

In neuerer Zeit hat man dieses Thema mit grosser Vorliebe wieder aufgenommen und so das Problem seiner Lösung näher gerückt. Die Lösung des alten Rätsels war aber nur an der Hand eingehender physikalischer und chemischer Untersuchungen denkbar.

In geradezu klassischer Weise stellt F. A. Forel die Frage der Wasserfärbung in seinem „Handbuch der Seenkunde" dar. Er unterscheidet dabei zwischen der „Eigenfarbe" des Wassers und der „scheinbaren" Farbe desselben. Letztere Farbe nimmt ein Beobachter wahr, wenn er ein Gewässer unter einem schiefen Winkel beobachtet. „Vom Ufer aus gesehen", schreibt Forel, „erscheint die Oberfläche eines Sees gefärbt, doch nicht in den Tönen des Seewassers, sondern in denjenigen der jenseits des Sees gelegenen Landschaft." Ist der See ruhig, führt dieser Forscher weiter aus, so ist die Reflexion an seiner Oberfläche sehr vollkommen, sobald sich aber die Oberfläche des Gewässers unter dem Einfluss des Windes oder irgend eines mechanischen Impulses auch nur im geringsten kräuselt, vollzieht sich die Spiegelung unter ganz anderen Bedingungen. Jede Welle stellt nämlich einen cylindrischen, im Wellenkamm konvexen, im Wellenthal konkaven Spiegel dar, der bei grösserem Einfallswinkel verzerrte, in ihrer Höhe verkleinerte virtuelle Bilder der gespiegelten Gegenstände gibt. Der konkave Teil der Welle erzeugt verkehrte, der konvexe Teil aufrechte Bilder. Es entsteht so durch Spiegelung eine gewisse Färbung der Oberfläche des Gewässers, die die Resultante aller gefärbten sich spiegelnden Gegenstände und ihrer selektiven

[1]) Sämtliche Werke, übersetzt von Hankel, IX. S. 446.

Zurückstrahlung ist. Diese scheinbare, durch Spiegelung an der Oberfläche entstandene Färbung ist allerdings nur bei ganz glattem Wasserspiegel und gewisser Entfernung des Beobachters von der Wasserfläche mehr oder minder allein sichtbar; meist aber kombiniert sie sich mit der Eigenfarbe des Wassers, die von jener wohl unterschieden werden muss."

Auch bei unseren Schwarzwasserflüssen lässt sich die scheinbare Farbe beobachten. Auf sie führen sich die mannigfaltigen Nuancierungen zurück, die eine Folge der wechselnden Beleuchtung im Laufe der Stunden und Tage, der Beschattung durch Wälder, durch Wolken u. s. w. sind. Allein diese kleinen, zarten Abstufungen der Farbentöne haben mit der eigentlichen schwarzen Farbe der betreffenden Gewässer nichts zu thun; diese ist immer und unter allen Umständen vorhanden, wenn sie auch je nach dem Wasserstand in ihrer Intensität sich ändern kann. Gehen wir auf diese „Eigenfarbe" der Gewässer näher ein!

Wenn man einen See, dessen Tiefe so gross ist, dass der Boden des Beckens nicht mehr durchschimmert, senkrecht von oben betrachtet, so dass eine Spiegelung der Gegenstände ringsum ausgeschlossen ist, so erscheint dessen Wasser blau oder grün, seltener gelblich, grau, braun, schwarz, rötlich oder violett, je nach der Jahreszeit und je nach seinen Eigenheiten. Diese Farbe, die nicht durch Oberflächenspiegelung entstanden sein kann, ist die Eigenfarbe des betreffenden Gewässers. Wie kommt diese zustande? Wie kommt es überhaupt, dass wir eine Farbe des Wassers wahrnehmen und uns dieses nicht einfach schwarz erscheint?

Wäre das Wasser absolut rein, so würden die Lichtstrahlen in der ihnen durch die Brechung gegebenen Richtung weiterdringen, sie würden allmählich durch Absorption des Wassers ausgelöscht werden; die Intensität des Lichtes würde daher beim Eindringen in tiefere Schichten allmählich abnehmen. In einer bestimmten Tiefe würde praktisch alles Licht ausgelöscht sein. Solches Wasser müsste, da alles

Licht absorbiert und nichts reflektiert wird, bei Betrachtung von oben ganz schwarz erscheinen.

Das Wasser enthält jedoch zahllose mineralische und lebende oder abgestorbene organische Partikel, die ebenso zahlreiche Lichtschirme bilden, an denen das ins Wasser eindringende Licht zurückgeworfen wird, ehe es ganz absorbiert ist. Dieses von den Lichtschirmen reflektierte Licht gelangt durch das Wasser zurück und in unser Auge; auf ihm beruht die Eigenfarbe der betreffenden Gewässer. Diese Eigenfarbe des Wassers, wie wir sie bei auffallendem Lichte sehen, ist also durchaus abhängig von der Eigenfarbe des Wassers, wie sie sich hei durchfallendem Licht zeigt.

Welches sind nun die Faktoren, die diese Eigenfarbe des Wassers bestimmen?

Nach den Untersuchungen von Bunsen[1]) ist das destillirte chemisch reine Wasser nicht farblos, wie man gewöhnlich annimmt, sondern hat von Natur aus eine reine blaue Färbung, d. h. es absorbiert alle anderen Strahlen des weissen Lichtes stärker als die blauen. Die blaue Farbe bemerkte er, wenn er durch eine zwei Meter lange Wassersäule Porzellanstücke betrachtete. Das bestätigten durch weitere Experimente auch Beetz[2]) und Spring.[3])

Diese dem chemisch reinen Wasser zukommende rein blaue Farbe kann nun durch mancherlei modifiziert werden, nämlich

1. durch Beimengung schwebender Partikel,
2. durch Auflösung von färbenden Substanzen.

1. Von Einfluss sind vor allem die suspendierten Teilchen. Die mit gelbem Löss geschwängerten Flüsse Chinas haben ein gelbliches Aussehen; der Rio Negro Patagoniens führt soviel schwarzen Schlamm mit sich, dass er eine ganz dunkle Farbe zeigt, der grosse Red River Nordamerikas soll endlich seinen Namen dem Reichtum an Kupfer-

---

[1]) Liebig und Wöhler, „Annalen der Chemie und Pharmacie". LXII S. 44. [2]) Über die Farbe des Wassers. Annalen der Physik und Chemie. 1862 191. Bd. S. 137. [3]) Bulletin de l'académie royal belgique, Sér. 3. Tom. V. 1883. S. 55.

verbindungen zu verdanken haben, den seine Fluten suspendiert mit sich führen, ebenso wie der Rio Tinto in Spanien. Durch die im Wasser freischwebenden festen Partikelchen wird nämlich eine Hemmung des eindringenden Lichtes bewirkt und dasselbe diffus nach allen Seiten hin zurückgeworfen, wie wir oben sahen. Sind diese Partikelchen zahlreich, so bilden sie gleichsam einen Nebel, dessen Dichte und Mächtigkeit derart sein kann, dass er schon in wenig dicken Lagen für Lichtstrahlen absolut undurchdringlich ist. Je nach der Farbe und Menge dieser suspendierten Teilchen wird auch die Farbe des Flusses eine andere sein. Sind die Partikelchen so zahlreich, dass dieselben schon in einer Tiefe von wenigen Centimetern bedeutende Quantitäten Licht reflektieren, so hat dieses Licht nur wenig von seinen nichtblauen Lichtstrahlen durch Absorption im Wasser verloren, es kommt also als ziemlich weisses Licht zu den Partikeln. Haben diese eine bestimmte Farbe, so wird von dem sie treffenden fast weissen Licht nur diese Farbe reflektiert. Wenn auch beim Durchgang des Lichtes nach oben wieder etwas von den nichtblauen Strahlen absorbiert wird, so kommen doch die Farben der suspendierten Teilchen nur wenig verändert ins Auge: das Wasser erscheint in der Farbe der suspendierten Teilchen. Je geringer die Zahl der Partikel ist, aus desto tieferen Schichten erst gelangt dann Licht durch Reflexion von den Partikeln ins Auge, desto mehr also werden sowohl beim Eindringen als auch beim Zurückkehren die nichtblauen Strahlen absorbiert, desto mehr dominieren die blauen. Die Partikel erscheinen also nicht mehr in ihrer Farbe, sondern in ihrer Farbe mit einem Stich ins blaue, z. B. gelbe Teilchen grün. Je blauer das Wasser, desto mehr herrschen unter den in das Auge gelangenden Strahlen die blauen vor. Freilich werden auch sie immer schwächer, da ja auch sie eine Absorption erfahren, wenn auch eine geringere als die anderen Lichtstrahlen. Je mehr die Trübung vermindert ist, desto tiefer dringen die Lichtstrahlen ein ohne reflektiert zu werden, ein desto kleinerer

Teil derselben gelangt aber in das Auge zurück, d. h. desto dunkler erscheint das Wasser. Ein Wasser ohne jede Spur suspendierter Teile, wie es ja freilich in der Natur nicht existiert, würde wegen Fehlen jeglicher reflektierender Lichtschirme ein Maximum von Durchsichtigkeit besitzen, so dass bei flachen Flüssen der Untergrund noch durchschimmert. An tiefen Stellen aber muss solches Wasser völlig schwarz erscheinen. So können durch Suspension von Partikeln verschiedener Farbe in verschiedener Menge die allerverschiedensten Farbentöne hervorgerufen werden: von hellgelb zum grün, zum blaugrün und schwarz, vom rot zum violett und schwarz, vom weiss zum hellblau, zum dunkelblau und zum schwarz. Erfahrungsgemäss bedingen höhere Wasserstände bei Flüssen infolge der reichlich zugeführten suspendierten Kalkteilchen lichtere Farbentöne. Ferner erscheint das Wasser durch die bei einem anhaltenden Sturme vom Grunde aufgewühlten grösseren Massen weissen Schlammes weit heller als sonst. Namentlich erkennt man in ausgezeichneter Weise an der Isar, in welch enger Beziehung die Menge der suspendierten Teile zur Abtönung der Wasserfarbe steht. Im Winter, zur Zeit des niedrigsten Pegelstandes ist das Isarwasser in München sehr rein und daher von tief dunkelgrüner Farbe. Bei steigenden Wasserspiegel, im Frühjahre aber, erbleicht infolge von Schneeschmelze oder Regen, wobei eine Menge suspendierter Teile in den Fluss gelangt, der Farbenton und geht allmählich in trübes Gelbgrün und schliesslich sogar in Gelb über. Im Herbst, wenn das Wasser sinkt und sich dabei klärt, kehrt die frühere dunkelgrüne Färbung wieder zurück. Die Intensität des Anteils blauen Lichtes am Farbenton der Gewässer und die Menge ihrer Sedimentführung stehen also im umgekehrten Verhältnis zu einander.

Aber auch suspendierte organische Massen selbst von solcher Kleinheit, dass sie dem Auge nicht sichtbar sind, bewirken eine Färbung des Wassers. Spring[1]) beobachtete

[1]) Spring, „Sur la cause de L'Absence de Coloration etc.", Brüssel 1898.

nämlich, dass das frisch destillierte Wasser eine ziemlich reine, himmelblaue Farbe gab, während das seit längerer Zeit für Laboratoriumszwecke hergestellte eine hellgrüne Farbe zeigte, wie eine verdünnte Lösung von Eisensulfat, nicht die gehoffte blaue. Hieraus konnte nun Spring schliessen, dass das destillierte Wasser der Laboratorien keineswegs rein ist, sondern Substanzen enthält, welche mit der Zeit Veränderungen erleiden. Dass diese Substanzen lebende Organismen sind, wurde durch folgenden Versuch geprüft:

Eine Röhre wurde mit gewöhnlichem destillierten Wasser gefüllt, das hindurchgehende Licht war blau; die andere Röhre wurde mit demselben Wasser gefüllt, dem ein zehntausendstel Quecksilberchlorid zugesetzt war; die Farbe dieses Wassers war ganz gleich dem Blau des ersten. Nach sechs Tagen nun war das Wasser der ersten Röhre grün geworden, das Wasser mit Quecksilberchlorid hingegen hatte seine blaue Farbe unverändert beibehalten. Da nun Quecksilberchlorid für Organismen ein heftiges Gift ist, so kam Spring zu der Ansicht, dass auch im destillierten Wasser der Laboratorien kleinste Lebewesen vorkommen und mithin Nahrungsmittel zur Entwicklung derselben in ihm vorhanden sind.

Interessant und sehr wichtig ist, dass unsere behandelten Schwarzwasserflüsse ausserordentlich rein an suspendierten Substanzen sind. Da nun das Wasser desto dunkler erscheint, je reiner es an suspendierten Teilchen ist, so trägt diese Reinheit bei zahlreichen Flüssen, die eine sehr grosse Tiefe besitzen (Tapajos, Trombetas etc.), sicher dazu bei, sie schwarz erscheinen zu lassen.

2. Eine Färbung des Wassers kann auch dadurch erfolgen, dass demselben gelöste färbende Substanzen zugeführt werden. Haben die gelösten Substanzen auch die Eigenschaft, die roten oder überhaupt die nichtblauen Strahlen stärker zu absorbieren als die blauen, ist also ihre Eigenfarbe in dicken Lagen auch blau, wie beim Kochsalz, so verstärkt ihre Auflösung im Wasser dessen blaue Farbe. Weicht dagegen ihre Eigenfarbe von der des Wassers ab, so modifiziert ihre Auflösung das Blau des Wassers und zwar um so mehr, in je grösseren Mengen sie dem Wasser beigemengt werden.

Da unsere schwarzen Flüsse, wie wir oben geschildert

haben, fast alle ganz klare, d. h. schlammfreie Wasser führen, so leuchtet ein, dass die schwarze Färbung durch gelöste Farbstoffe hervorgerufen sein muss. Dass dieselbe nicht einfach durch die Tiefe bedingt ist, geht schon daraus hervor, dass sie auch bei flachen Flüssen auftritt.

Fragen wir nach den im Wasser gelösten Substanzen, so ist da zunächst zu betonen, dass dieselben überaus gering sind. Es hängt das mit der Beschaffenheit des Einzugsgebietes der schwarzen Flüsse zusammen. Der petrographische Charakter in allen Bezirken der schwarzen Flüsse ist immer der gleiche: Urgestein, Sandsteine, Thone und Laterit, die bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung einander nahezu ganz gleich sind, Silikate (siehe Tafel II), deren wichtigster Bestandteil die Kieselsäure ist, die zwischen 40—80 % der Gesamtmasse ausmacht, dann Thonerde, Eisenoxyd und Eisenoxydul, Magnesia, Kali, Natron und Wasser. Wie verschieden z. B. der Gehalt der Urgebirgsgewässer an gelösten Substanzen, verglichen mit dem der Flüsse anderer Formationen, ist, zeigen uns Späths[1]) und Metzgers[2]) Untersuchungen. Dazu diene als Beweis untenstehende Tabelle. Die Zahlen in derselben stellen die Mittelwerte des in 100 Teilen Rückstand gefundenen Prozentgehaltes dar, und zwar einerseits aus neun Wasserproben des Keupers und Muschelkalkes nach Späth und andererseits aus den gleichen Werten von 13 Wasserproben aus dem Urgebirge nach Metzger:

Vergleichende Tabelle
der %-Zusammensetzungen von 100 Teilen Rückstand in den Wassern:

	Na_2O	R_2O	Ca O	Mg O	Cl	$Si O_2$	SO_3	Rest
Der Triasformat. (Keuper und Muschelkalk.)	3,24	4,29	29,34	9,0	4,15	7,09	16,27	26,62
Der Urgebirgsf.	11,50	9,70	9,00	5,1	12,00	28,90	8,67	15,13

Das Mittel im Trockenrückstand eines Liters ist in den Wassern aus der Triasformation 248 mgr, in den Wassern aus dem Urgebirge 87 mgr. (Siehe auch Tafel III.)

[1]) Späth, Beiträge zur Kenntnis der hydrogr. Verhältnisse v Ofr.; Mittlg. aus dem pharm. Institut etc., 2. Heft, München 1892. [2]) Metzger, Beiträge zur Kenntnis der hydrogr. Verhältnisse des bayr. Waldes. Erlangen 1892.

Auch die Wasser des Sandsteingebietes gleichen den Urgebirgsgewässern an Armut der gelösten Mineralstoffe, und ihre Reinheit kommt vielfach der des destillierten Wassers nahezu gleich. Da die chemische Beschaffenheit der Sandsteine ohne Rücksicht auf ihr geologisches Alter (siehe Tafel II) fast gleich ist, so genügen hier folgende Wasseranalysen: Nach Gümbel[1]) enthalten die Gewässer des Sandsteingebietes des Vorspessarts ausser kleinen Mengen von atmosphärischer Luft und Spuren von Kohlensäure durchschnittlich nur 36, einzelne selbst nur 20 mgr Trockenrückstände in 1 Liter und zwar hauptsächlich Kochsalz und Kieselerde. In dem Wasser des Herrnbrunnens bei Lohr betragen beispielsweise die Gesamttrockenrückstände in 1 Liter Wasser 78 mgr, bestehend nach Prozenten aus Kieselsäure 12, Chlor 18, Natron 12, Kalk 5, Schwefelsäure 2, Thonerde, Bittererde und Eisenoxyd 5, gebundener Kohlensäure 4, sonstigen Mineralstoffen 2, Organischem 18, dazu kommt freie Kohlensäure 22. — Die Analyse des Breitenruhquellwassers im Bibergrund ergab: Chlornatrium 3,07, Calciumsulphat 2,00, Natriumcarbonat 2,03, Calciumcarbonat 0,01 und Kieselsäure 6,00 mgr im Liter.

Dass auch die schwarzen Flüsse Südamerikas ausserordentlich arm an gelösten Bestandteilen sind, berichtet uns z. B. Katzer. Er schreibt: Das Tapajoswasser ist äusserst klar, so dass man selbst durch eine 3 bis 4 m mächtige Schicht bis auf den Grund sieht. Die Analyse einer bei Itaituba geschöpften Probe ergab einen aussergewöhnlich geringen Gehalt an gelösten Bestandteilen, in welchem Sinne der Tapajos zu den reinsten Flüssen der Welt gehört. Ich kann darauf hinweisen, dass alle Fluss- und Bachwässer des Amazonasgebietes, die ich untersucht habe, ohne Ausnahme durch eine auffallende Armut an gelösten Bestandteilen ausgezeichnet sind.[2])

Dagegen zeigen diese Flüsse einen ausserordentlichen Reichtum an Huminsäure, resp. Verbindungen derselben. Das Vorhandensein enormer Massen an organischen Bestandteilen haben uns die Analysen durch Pfaff und Müntz und Marcano beim Rio Negrowasser ergeben.[3]) Dass diese

[1]) Gümbel, Bd. II S. 641. [2]) Katzer, Zur „Geographie des Tapajos“; Globus 1900 S. 284. [3]) Siehe Seite 193, 194 und 195.

färbenden Humussäure-Verbindungen den verwesenden Pflanzenmassen der Einzugsgebiete der Schwarzwasserflüsse entstammen, ist von vornherein klar. In der That hat F. A. Forel ebenso wie Wittstein durch Beimengung von Torfmooren zu Wasser des Genfersees die verschiedensten Färbungen bis zu braun und schwarz hervorbringen können. Allein rätselhaft bleibt es, warum Torfwasser, resp. Wasser aus verwesenden Pflanzenmassen nur im Urgebirge eine Schwarzfärbung hervorbringen, im Kalkgebiet aber nicht.

Hierüber gibt folgendes Experiment Aufschluss, das wir nach Rücksprache mit Herrn Dr. Wein, Professor der Chemie an der Akademie Weihenstephan und mit Herrn Apotheker Dr. Heiss in des letzteren Laboratorium angestellt haben. Man nahm drei mit destilliertem Wasser gefüllte Gefässe und legte in jedes derselben Humus (Torf oder Waldhumus); während das erste Gefäss ohne anderen Zusatz gelassen wurde, brachte man in das zweite Gefäss kohlensaures Natron, und in das dritte kohlensaures Kali. In ganz kurzer Zeit nahm das Wasser im 2. und im 3. Glase eine dunkle Färbung an, während das Wasser im ersten Glase sich nicht änderte, sondern weiss blieb. Hieraus geht hervor, dass die Humussäure nicht etwa in reinem Wasser einfach aus dem Torf in Lösung geht und dasselbe färbt, sondern dass im Wasser Alkalien gelöst sein müssen, damit eine Färbung eintritt, wie schon Wittstein betonte.[1]) Wenn auch, wie Schwager[2]) behauptet, Humussäure durch freie Lösung ins Wasser gelangen kann, so sind die Mengen jedenfalls gering und nicht imstande, eine merkliche Färbung des Wassers zu bewirken; die Anwesenheit von Alkali im Wasser ist notwendig. Auch Wollny[3]) hat dies betont, wenn er auch eine freie Lösung für möglich hielt.[3])

Ein Versuch mit hartem, d. h. kalkreichem Wasser ohne Alkalien ergab indes keine Färbung. Ja, die Beimengung von Wasser, in dem grössere Quantitäten doppelkohlensaures Kalkes gelöst waren, zu Wasser, das vorher unter Mitwirkung von Alkali durch Humussäure schwarz gefärbt worden war, ergab eine fast vollständige Entfärbung der letzteren.

Der letztere Versuch wurde in zweierlei Weise vorgenommen. In der Apotheke des Herrn Dr. Heiss wurde eine starke Lösung von doppelkohlensaurem Kalk benützt, die durch Durchleiten von Kohlen-

[1]) Sitzungsberichte d. k. b. Akademie der Wissenschaften in München. 1860. S. 603. [2]) Schwager, Geognostische Jahreshefte 1894 und 1897. [3]) Geogr. Zeitschr. v. Hettner, 1897, S. 288. — Wollny, E., „Die Zersetzung organischer Stoffe etc.“ Heidelberg 1897.

säure durch einen Brei von präzipitiertem kohlensaurem Kalk und 10 Teilen Wasser gewonnen worden war. Die Entfärbung erfolgte bei Zusatz dieser Lösung zu schwarzem Wasser, das nachher durch Auflösung von Humussäure in alkalihaltigem Gewässer heller worden war, wenn auch ein Stich ins Weingelbe zurückblieb. Im geographischen Institut der Universität Bern wiederholten wir den Versuch mit einer schwachen Lösung, die durch Schütteln von präzipitiertem kohlensauren Kalk mit dem Wasser einer Sodorflasche[1]) hergestellt war. Die Entfärbung erfolgte hier allmählich und erreichte erst nach einigen Tagen den Grad, wie beim ersten Experiment sofort. Bräunlicher Schlamm setzte sich in beiden Fällen zu Boden. Wie sich diese Vorgänge chemisch erklären lassen, können wir nicht sagen, da die Humussäure, Geinsäure etc. und die entsprechenden Verbindungen leider noch wenig untersucht sind. Nur als Vermutung möchte ich hier folgendes anführen. Humussäure, Geinsäure etc., wie sie im Torf, überhaupt in allen verwesenden Pflanzenmassen vorhanden sind, sind in reinem Wasser nur minimal frei löslich. Enthält das Wasser Alkalien, so gehen diese mit der Humussäure Verbindungen ein, die leicht löslich sind, und nun das Wasser färben. Wird eine Lösung von doppelkohlensaurem Kalk beigefügt, so verdrängt das Calcium die Alkalien und es entstehen humussaure Calciumverbindungen. Diese sind schwer löslich und fallen daher als schwarzer Niederschlag. aus, so eine Entfärbung des Wassers hervorbringend. Verstärkt wurde diese Entfärbung noch durch Zulegung von Magnesia.

Was ergibt sich nun aus diesem Experimente für die Frage der schwarzen Flüsse?

Zunächst erklärt sich sofort, warum wir schwarze Flüsse nur auf Urgebirgen, Sandsteinen, Thongesteinen etc., aber nie auf Kalkboden treffen. Urgebirgswasser, überhaupt Silikatgesteine, enthalten nämlich Alkalien gelöst. Das lehren direkt die Analysen von Gümbel, Wittstein und Metzger. Gelangen nun verwesende Pflanzenmassen mit diesem Wasser in Berührung, so färbt sich das letztere schwarz, da sich die lös-

[1]) Flasche, um Wasser mit Kohlensäure anzureichern. Auf den Flaschenhals wird eine kleine, etwa 1/2 cbcm fassende Kohlpatrone, die mit flüssiger Kohlensäure gefüllt ist, gesteckt, die Flasche hermetisch geschlossen und gleichzeitig durch einen Dorn die Kohlpatrone angebohrt, aus der nun die Kohlensäure in die Flasche übertritt. Durch Schütteln wird die Kohlensäure in Wasser gelöst. Der präzipitierte kohlensaure Kalk war vorher in die Flasche gebracht worden.

lichen humussauren Alkaliverbindungen bilden. Bei der Lösung der Alkalien des Urgesteins bleibt die Kieselsäure der Feldspäte zurück; diese ist weiss, — so ist auch das Bett der schwarzen Flüsse weiss.

Anders bei Flüssen auf Kalkboden; dieselben enthalten doppelkohlensauren Kalk und Magnesia in grossen Mengen. Diese gehen mit der Humussäure der verwesenden Pflanzensubstanzen Verbindungen ein, aber diese sind nicht löslich und scheiden sich daher am Boden aus. Der Boden der Flüsse des Kalkgebietes ist deshalb schwarz, das Wasser aber weiss. Also genau, wie wir das eben geschildert haben.

Aber auch die Entfärbung der Schwarzwasser nach Betreten von Kalkboden erklärt sich: Das Calcium des als doppelkohlensaurer Kalk in Lösung gehenden kohlensauren Kalkes, sowie das Magnesium verdrängen die Alkalien in den humussauren Verbindungen, es bilden sich so humussaure Calcium- und Magnesiaverbindungen, die als schwer löslich ausfallen. Das in Lösung bleibende Alkali bleibt infolgedessen ohne Wirkung für die Färbung des Flusses, und dieser wird aus einem schwarzen ein weisser Fluss.

Das genügt völlig, um das Auftreten der Schwarzwasserflüsse zu erklären. Wir brauchen nichts weiter, und brauchen vor allem nichts voraussetzen, was nicht durch Beobachtungen belegt ist. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass nicht vielleicht auch noch andere Faktoren bei der Färbung der Schwarzwasserflüsse mitsprechen können. So glaubte Schwager jüngst eine andere Ursache für die Dunkelfärbung des Silikatwasser gefunden zu haben. Er nimmt die zahlreichen Diatomeen, die sich infolge des grossen Kieselsäuregehaltes in jenen Gewässern bilden, als Färbungssubstanz an. „Manche Flüsse“, schreibt er, „scheinen durch die zahlreichen Diatomeen im Vereine mit braunschwarzen Flocken unbestimmter Art auf diese Weise wie mit manganhaltigen Eisenausscheidungen erfüllt, was sich bei näherem Zusehen als diese Anhäufung von zweifelhaften kleinsten Lebewesen pflanzlicher Natur herausstellt. Und wir werden

nicht fehl gehen, wenn wir jegliche Färbung der Gewässer, wie zur Zeit schon vielerorts nachgewiesen wurde, mit der zuständigen Flora und Fauna, zumal mit den niederen Lebewesen in Zusammenhang setzen." In der That! In fliessenden Silikatgewässern, wo die Kieselsäure zwischen 40—80% der Gesamtmasse der gelösten Bestandteile ausmacht (s. Tafel III), ist jenen niederen Organismen unzweifelhaft zu ihrer Existenz ein so günstiges Feld gegeben, dass ihr Dasein in grossen Massen möglich erscheint. Da auch bei verschiedenen Meeren, so z. B. im Grönländischen Meere bereits nachgewiesen wurde, dass zahllose Kieselpflanzen eine ‚Schwarzfärbung' des Wassers verursachen, so ist die Schwagersche Anschauung nicht direkt von der Hand zu weisen. Allein sie erklärt uns doch vieles nicht. Warum kommen die Schwarzwasserflüsse auf Silikatgesteinen stark ausgeprägt nur im Urwald und Moorgebiet vor und fast gar nicht im Steppen- und Wüstengebiet? Das vegetationsarme Mato Grosso ist, wie wir gesehen haben, fast bar an solchen Gewässern, während die dichtbewaldete, moorige Sierra do Maar überaus reich an solchen Flüssen ist. Ähnliche Beispiele giebt es in solcher Zahl, dass eine Anführung derselben unnötig ist.

Freilich weiss Schwager für diesen Vorhalt eine Antwort. „Treten," schreibt er, „im Verlauf ihres Weges für jene Organismen günstige Lebensbedingungen ein, zu denen wir einen gewissen Salzgehalt des Wassers und verminderte Bewegung gewiss rechnen können, so wird leicht eine bedeutende Vermehrung derselben Platz greifen können." Wir zweifeln nicht, dass im einen oder andern Fall jene Lebewesen etwas dazu beitragen können, einen dunklen Ton bei den Gewässern zu verursachen, allein diese Erklärung auf alle schwarzen Flüsse und speziell auf diejenigen Südamerikas anzuwenden, geht eben deswegen nicht, weil für diese die Existenz von massenhaften Diatomeen überhaupt noch nicht nachgewiesen ist.

Dass sie aber Alkali enthalten, ist sicher, da sie im Urgebirge fliessen. Dass ihnen ferner Verwesungsprodukte

von Pflanzen in Menge zukommen, steht ebenfalls fest. Das aber genügt völlig zur Erklärung ihrer schwarzen Farbe.

Anders dürfte es mit der von Spring besonders betonten Rolle des kohlensauren Eisenoxyduls bei der Dunkelfärbung der Gewässer sein. Gerade die Silikatgesteine sind reich an Eisenoxyd, das bei Anwesenheit chemischer Verbindungen leicht in Eisenoxydul reduziert werden kann und als kohlensaures Eisenoxydul in Lösung bleibt. Da nun, wie Spring[1]) durch Experimente nachgewiesen hat, das Eisenoxydul etwa in einer Verdünnung von $^1/_{10000000}$ eine Gelb- oder Braunfärbung der Gewässer verursacht, so darf fast sicher angenommen werden, dass das kohlensaure Eisenoxydul auch beteiligt ist bei der Schwarzfärbung mancher unserer betrachteten Flüsse.

Schluss.

Wir können unsere Resultate in folgenden Thesen zusammenfassen:

1. Schwarzwasserflüsse finden sich nur in Gegenden, wo grosse verwesende Pflanzenmassen vorkommen.

2. Sie treten in Südamerika und auch anderwärts nur auf Gesteinen auf, die Alkalien enthalten, auf Granit, Gneis, Sandstein, Laterit, Thon, kurz auf Silikatgesteinen.

3. Sie fehlen durchaus auf Kalkboden.

4. Tritt ein Schwarzwasserfluss auf Kalkboden über, so verliert er nach kurzem Lauf seine schwarze Farbe und wird ein Weisswasserfluss.

5. Das Bett der Schwarzwasserflüsse ist weiss, das der Weisswasserflüsse, die Moorwasser aufnehmen, schwarz.

6. Die Schwarzfärbung führt sich darauf zurück, dass bei Anwesenheit von Alkalien im Wasser, wie sie stets auf Silikatgesteinen eintritt, die Humussäure mit diesen leichtlösliche, das Wasser braunfärbenden Verbindungen zum Teil saure Verbindungen eingeht.

---

[1]) Spring, Sur la cause de L'Absence de coloration etc., Brüssel 1898 S. 5 und 6.

7. In gleicher Richtung dürfte auch im Wasser gelöstes kohlensaures Eisenoxydul wirken.

8. Verstärkt mag die Schwarzfärbung für das Auge bei auffallendem Licht durch das Fehlen suspendierter Partikel und die dadurch bedingte ausserordentliche Klarheit der Gewässer werden, die tiefe Wasser stets dunkel erscheinen lässt.

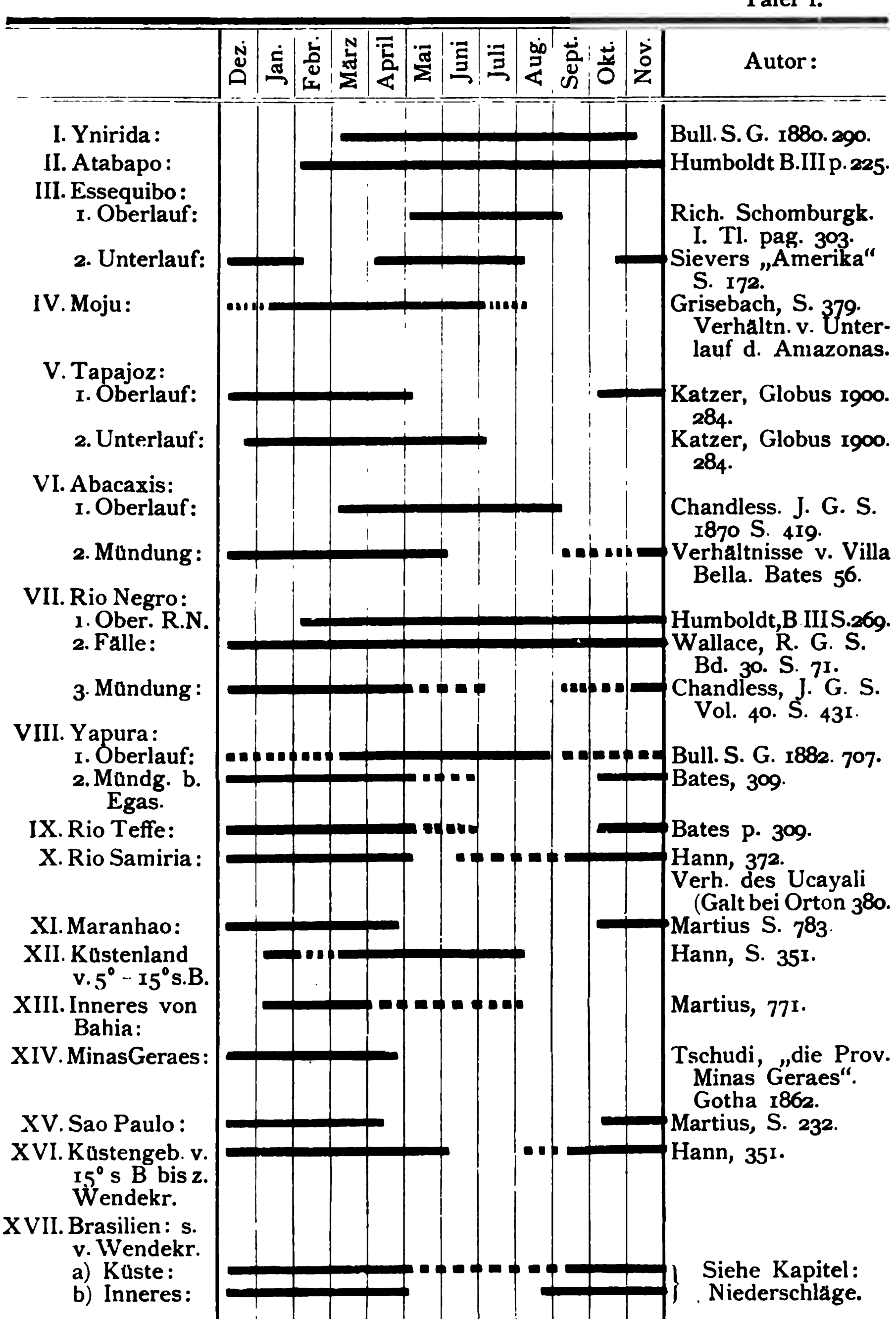
9. Andere Momente, wie z. B. Beimengung von schwarzem suspendierten Schlamm, Auftreten von Diatomeen (Schwager) mögen lokal mitspielen, sind aber unwesentlich.

10. Das Fehlen von Schwarzwasserflüssen auf Kalkboden, sowie die Entfärbung derselben beim Betreten von Kalkboden führt sich auf den Ersatz der Alkalien in den humussauren Verbindungen durch Calcium und Magnesia zurück; diese humussauren Calcium- und Magnesiaverbindungen fallen als schwerlöslich aus.

11. Die weisse Farbe des Bettes der Schwarzwasserflüsse erklärt sich daraus, dass die Verbindungen der Lösungsprodukte der Silikatgesteine mit Humussäure überaus leicht löslich sind, daher in Lösung bleiben und das kohlensäurehaltige Wasser die Silikatgesteine resp. deren zersetzbare Mineralien immer weiter löst; es bleibt weissliche Kieselsäure zurück.

12. Die schwarze Farbe des Bettes der Moorwasser enthaltenden Weisswasserflüsse dagegen führt sich auf die Ausfüllung der schwerlöslichen humussauren Calcium- und Magnesiaverbindungen zurück.

Tafel I.


Dez.
Jan.
Febr.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.
Nov.
Autor:
I. Ynirida:
Bull. S. G. 1880. 290.
II. Atabapo:
Humboldt B. III p. 225.
III. Essequibo:
1. Oberlauf:
Rich. Schomburgk. I. Tl. pag. 303.
2. Unterlauf:
Sievers „Amerika“ S. 172.
IV. Moju:
Grisebach, S. 379. Verhältn. v. Unterlauf d. Amazonas.
V. Tapajoz:
1. Oberlauf:
Katzer, Globus 1900. 284.
2. Unterlauf:
Katzer, Globus 1900. 284.
VI. Abacaxis:
1. Oberlauf:
Chandless. J. G. S. 1870 S. 419.
2. Mündung:
Verhältnisse v. Villa Bella. Bates 56.
VII. Rio Negro:
1. Ober. R.N.
Humboldt, B III S. 269.
2. Fälle:
Wallace, R. G. S. Bd. 30. S. 71.
3. Mündung:
Chandless, J. G. S. Vol. 40. S. 431.
VIII. Yapura:
1. Oberlauf:
Bull. S. G. 1882. 707.
2. Mündg. b. Egas.
Bates, 309.
IX. Rio Teffe:
Bates p. 309.
X. Rio Samiria:
Hann, 372. Verh. des Ucayali (Galt bei Orton 380.
XI. Maranhao:
Martius S. 783.
XII. Küstenland v. 5° - 15° s. B.
Hann, S. 351.
XIII. Inneres von Bahia:
Martius, 771.
XIV. Minas Geraes:
Tschudi, „die Prov. Minas Geraes“. Gotha 1862.
XV. Sao Paulo:
Martius, S. 232.
XVI. Küstengeb. v. 15° s B bis z. Wendekr.
Hann, 351.
XVII. Brasilien: s. v. Wendekr.
a) Küste:
b) Inneres:
Siehe Kapitel: Niederschläge.

Tafel II.

Chemische Steinanalysen.

A. Urgesteine:

Gesteinsart:	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	FeS_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	H_2O	Fund-Ort:	citirt:
I. Granit	72,50	0,66	12,16	4,13	0,03	0,02	0,93	Sp.	2,19	6,46	0,70	Hauzenberg	Gümbel, Geologie v. Bayern: II. Bd. S. 434, 435, 436.
	75,45	1,00	—	6,54	6,54	—	0,35	„	1,10	5,46	—	Tirschenreuth	
	74,32	0,64	10,66	5,31	—	0,06	0,50	„	2,14	5,77	0,35	Weidhaus	
	70,92	0,54	9,37	11,74	0,08	0,05	0,77	„	1,47	3,98	0,68	Schwarzach	
	69,05	0,33	11,09	11,30	0,31	Sp.	1,12	„	1,30	4,95	0,33	Viechtach	
	74,63	0,43	10,54	3,59	0,45	Sp.	0,84	1,23	2,22	5,33	0,03	Pfreimt	
II. Gneis.	75,91	—	14,11	—	2,03	—	1,14	0,40	1,77	4,16	1,16	Sachsen	Neumayr, Erdgesch. I. Bd. S. 608.
	66,42	—	14,76	—	7,50	—	2,20	1,80	1,75	3,52	1,85	„	
	56,80	—	20,73	6,27	5,65	—	0,96	2,90	1,08	3,96	1,11	Torsa i. Schwed.	
	60,96	1,49	18,40	9,83	—	—	0,90	1,64	0,52	—	—	Glattbach	Gümbel, Geologie a. B. S. 623.
	72,39	0,97	17,76	0,86	0,88	—	1,43	0,41	3,49	1,31	—	Trageshof	
III. Hornblende-schiefer	46,06	—	16,19	—	—	—	13,08	6,69	2,52	—	—	Hörstein	Gümbel, etc. S 624—626.
	49,30	0,54	16,56	3,36	6,98	—	12,85	7,18	2,16	0,82	—	Alzenau	
	48,65	—	16,42	18,62	5,17	—	7,16	2,32	0,89	0,56	0,21	Böhmen	Neumayr, S. 608.
	50,15	—	13,30	27,84	—	—	0,59	2,65	1,70	0,89	0,26	Finnland	
IV. Glimmer-schiefer	79,50	—	13,36	2,84	—	—	0,71	0,95	0,36	4,69	0,78	Zermatt	Neumayr, S. 608.
	60,21	—	18,60	—	5,34	—	0,44	0,94	2,16	3,80	2,04	Sachsen	
V. Talkschiefer	50,81	—	4,53	7,58	7,58	—	—	31,55	—	—	4,42	Gastein	Neumayr, S. 608.
VI. Viol. Sericit-schiefer	55,84	—	15,62	4,86	8,25	—	0,50	1,39	1,70	6,13	5,19	Wiesbaden	
Gefleckter Sericit-schiefer	70,99	—	13,77	0,38	3,91	—	0,41	0,37	3,13	4,81	1,50		
VII. Phyllit	61,72	—	19,55	—	8,55	—	0,55	1,08	4,81	4,81	3,74	Schlesien	
	63	—	21	4,5	—	—	0,5	1,5	1,5	4,5	3,5	„	Gümbel, S. 167.
VIII. Chlorit-schiefer	42,08	—	3,51		27,44	—	1,04	17,10	—	—	11,24	Pfitschthal	Neumayr, S. 608.

B. Sandsteine:

Gesteinsart:	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CO_2	H_2O	Summa	Fund-Ort:	citirt:
Flyschsandstein	89,69	4,08	0,56	2,25	0,29	0,58	0,35	1,44	0,46	99,70	Reichenhall	Geogn. Jahreshefte 1895 S. 83.
	21,77	3,99	1,33	40,89	—	—	—	32,00	—	99,98		
	48,18	25,45	6,36	3,54	3,45	5,25	3,17	—	4,54	99,94		
	92,94	3,68	0,53	0,43	0,40	0,61	3,36	—	0,58	99,53		
Taviglianazsand	83,00	10,31	1,38	0,21	0,15	1,31	0,64	—	2,86	100,19	Taveyanz-Alpe	Geogn. Jahreshefte 1895 S. 84.
	45,98	35,35	3,33	0,75	0,69	1,28	0,52	—	12,76	100,66		
	94,08	2,87	0,36	—	—	1,32	0,67	—	—	99,28		
	57,72	5,85	0,87	17,18	1,22	0,46	0,68	14,58	0,82	99,38		
	62,98	17,22	3,78	4,20	1,87	0,65	3,83	2,34	3,42	100,29		
Keupersandst.	92,17	1,15	0,22	0,28	2,26	0,20	0,08	—	—	100,40	Nürnberg	

C. Laterit:

Gesteinsart:	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Cl	SO_3	CO_2	Org & H_2O	Summa	Fund-Ort:
Laterit:	80,521	11,142	4,038	Sp.	0,205	0,116	0,188	0,180	0,005	0,004	0,003	4,040	100,441	Dondo-Malunge in S.W.-Afrika von Dr. Buchner. Jahreshefte 1894 7. Jahrg. S. 85.
	29,90	23,21	28,69	„	0,49	0,11	1,14	1,33	—	—	—	13,33	98,30	
	42,83	39,87	3,48	„	0,65	0,41	0,28	0,28	—	—	—	12,45	100,35	

D. Thonboden der Amazonas-Niederung:

Gesteinsart:	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O & Ka_2O	H_2O	CaO	Fund-Ort:	citirt:
Thon:	44,33	30,50	8,35	0,33	15,45	—	Coari	Martius pag. 1177.
	49,50	30,05	3,40	3,10	12,99	—	Barra do Negro	

Wasser-Analysen.

Tafel III

Gewässer:	In Milligramm:												Analysen nach:
	$NaCl$	K_2SO_4	$CaCO_3$	$MgCO_3$	SiO_2	Al_2O_3 Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	Na_2SO_4	KCl	$CaSO_4$	Summa	
A. Schwarzwasserflüsse:													
Grosser Regen oberhalb Zwiesel	5,09	4,35	4,61	2,86	6,90	0,72	—	—	—	—	1,49	26,02	1. Metzger, Beiträge zur Kenntnis der hydrogr. Verh. des bayr. Waldes. Erlangen 1892.
Kleiner „ „ „	3,82	3,22	5,36	3,02	8,12	1,32	—	—	2,24	—	—	27,10	
Schwarzer Regen unterhalb „	4,22	2,44	3,95	3,04	8,32	1,00	—	—	—	1,09	2,17	26,23	
Weisser Regen oberhalb Kötzting	5,09	4,47	4,12	3,36	10,18	1,00	—	—	1,56	—	3,67	33,45	
Regen bei Regensburg	7,63	8,85	13,40	5,67	10,20	0,47	1,47	1,82	—	—	—	49,51	
Luhe bei Markt Luhe	11,53	5,87	19,50	9,45	13,70	0,90	5,52	3,73	—	—	—	70,20	2. Sendtner, Die Vegetationsverh. Südbayerns; München 1854.
Saale vor der Vereinigung mit der Selbitz bei Blankenstein	16,4	—	29,00	20,00	5,6	—	—	—	12,4	—	2,6	86,00	
Pfreimt, Brücke b. Böhm. Bruck	10,84	2,52	13,04	9,61	9,15	0,13	2,36	—	3,53	—	—	51,18	
Ilz vor der Mündung in die Donau	5,27	4,35	8,20	3,36	10,10	0,70	0,90	5,25	—	—	—	38,13	3. Schwager, Hydrochem Untersuchungen im Bereiche des unteren bayr. Donaugebietes. Geogn. Jahreshft. VI.
B. Hellwasserflüsse:													
Donau oberhalb Regensburg	8,90	12,29	150,00	53,69	8,00	1,60	—	—	12,34	—	—	246,82	
Donau unterhalb „ nach Einmündung des Regen	8,98	12,31	44,30	13,86	10,62	1,32	3,46	—	—	—	—	94,85	
Donau oberhalb Vilshofen	7,00	24,80	128,12	62,40	5,45	0,75	16,70	—	—	—	—	245,22	
Donau oberhalb Passau	6,35	6,55	26,80	29,40	19,00	1,25	0,62	—	10,64	—	—	100,61	
Inn vor der Mündung in die Donau	7,42	1,69	7,106	27,90	7,60	1,25	—	—	7,51	—	15,72	140,15	
Donau unterhalb Passau nach Einmündung der Ilz und des Inns	9,56	5,07	78,29	28,00	6,00	0,70	—	—	6,25	—	2,80	136,37	
Vils bei Vilshofen	7,08	12,83	117,14	59,00	8,00	0,90	6,80	5,00	—	—	—	216,75	

Literatur.

Bücher:

1 **Apun, C. F.**, „Unter den Tropen". Wanderungen durch Venezuela, am Orinoco, durch Britisch-Guayana und am oberen Amazonenstrom in den Jahren 1849—1868. Costenoble 1871.

2 **Avé-Lallemant, Robert,** „Reise durch Nordbrasilien im Jahre 1859", 2 Tl. Leipzig 1860.

3 Derselbe, „Reise durch Südbrasilien im Jahre 1858". 2 Tl. Leipzig 1859.

4 **Bates, H. W.**, „Der Naturforscher am Amazonenstrom". Leipzig 1866.

5 **Bayern,** Therese, Prinzessin von, Kgl. Hoheit, „Meine Reise in den brasilianischen Tropen". 8°. 544 S., mit 2 Karten, 4 Tafeln, 18 Vollbildern und 60 Textabbildungen. Berlin, D. Reimer, 1897.

6 **Boas,** „Beiträge zur Erkenntnis der Farbe des Wassers". Kiel 1881.

7 **Brown and Lidstone,** fifteen thousand miles on the Amazon and its tributaries. London 1878.

8 **Coudreau, H.**, „Voyage au Tapajoz". Paris 1897.

9 **Condamine, De la,** „Relation d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amerique Méridionale". Maëstricht 1778.

10 **Clauss, Otto,** „Die Xingu-Expedition von 1884". Berlin 1885.

11 **Darwin, Ch.**, „Naturalist's Voyage". London 1845.

12 **Eschwege, W. v.**, „Brasilien, die neue Welt, in topographischer, geognostischer, bergmännischer u. s. w. Hinsicht". Braunschweig 1830.

13 Derselbe, „Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens". Berlin 1832.

14 Derselbe, „Pluto Brasiliens". Berlin 1833.

15 **Forel, F. A.**, „Handbuch der Seenkunde". Stuttgart 1901.

16 **Grisebach, A.**, „Die Vegetation der Erde". Leipzig 1872.

17 **Gümbel, C. W.**, „Geognostische Beschreibung des ostbayr. Grenzgebirges". Gotha 1868.

18 Derselbe, „Geologie von Bayern". Cassel 1894.

19 **Günther, Sigmund,** „Handbuch der Geophysik". II. Bd. Stuttgart 1897.

20 Derselbe, „Lehrbuch der physischen Geographie". Stuttgart 1891.

21 Derselbe, „Geschichte der Entdeckungen im neunzehnten Jahrhundert". Berlin 1902.

22 **Gibbon,** Exploration of the Valley of Amazon. Washington 1853.

23 **Humboldt, A.**, „Ansichten der Natur". Deutsche Bearbeitung von Hermann Hauff. Cotta'sche Buchhandlung, Stuttgart.

24 **Humboldt, A.**, „Reise in die Äquinoktial-Gegenden". 3. u. 4. Band von Humboldts „gesammelten Werken". Deutsche Bearbeitung von Hermann Hauff. Stuttgart.

25 **Hann, J.**, „Handbuch der Klimatologie". Stuttgart, Verlag von Engelhorn, 1897. II. Bd. (II. Auflage.)

26 **Hömeyer**, „Beschreibung der Provinz Rio Grande do Sul". Coblenz 1854.

27 **Hoppe, Otto**, „Schweden in Wort und Bild". Breslau 1891.

28 **Hartt, C. F.**, Geol. and Phys. Geogr. of Brazil. 8°. Boston 1870.

29 **Herndon**, Exploration of the Valley of the Amazon. Washington 1853—54.

30 **Keller-Leutzinger**, „Vom Amazonas und Madeira". Stuttgart 1874. Karte.

31 **Kletke**, „Reise Sr. Königl. Hoheit des Prinzen Adalbert von Preussen nach Brasilien". Berlin 1857.

32 **Kloeden**, „Handbuch der physischen Geographie". 3. Aufl. Berlin 1873.

33 **Köppen, W.**, „Versuch einer Klassifikation der Klimate". Leipzig 1901.

34 **Lange, Henry**, „Südbrasilien". 2. Auflg. Leipz. 1888.

35 **Martin**, „Niederländ. Westindien". Leiden 1888.

36 **Metzger**, „Beiträge zur Kenntnis der hydrogr. Verhältnisse des bayr. Waldes". Inaug.-Dissertation. Erlangen 1892.

37 **Neumayr, Melchior**, „Erdgeschichte". Leipzig 1887.

38 **Ortor, Jam.**, „The Andes and the Amazon; or Across the Continent of South-America. 3 d Edition. Revised and enlarged, containing notes of second journey etc.". New-York 1876.

39 **Pohl, J. E.**, „Reise im Innern von Brasilien". 2. Tl. Wien 1832 u. 1837.

40 **Pöppig**, „Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonas-Strom". Leipzig 1836.

41 **Reclus**, „Nouvelle Geographie universelle la terre et les Hommes". Paris 1895.

42 **Ratzel, Friedr.**, „Die Erde und das Leben". Leipzig u. Wien 1901.

43 **Ruge, S.**, „Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen". Berlin 1881.

44 **Sellin, A. W.**, „Das Kaiserreich Brasilien". Leipzg. 1885.

45 **Segelhandbuch** für den Atl. Ozean, herausgegeben von der Seewarte. Hamburg.

46 **Sendtner, Otto**, „Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns". München 1854.

47 **Sievers, Wilh.**, „Amerika". Leipzig u. Wien 1891.

48 **Sievers, Wilh.**, „Afrika". Leipzig u. Wien 1891, 1901.

49 **Sievers, W.**, „Die Cordillere von Merida" nebst Bemerkg. über das Karib. Gebirge. Mit 1 geolog. Karte. Wien 1889.

50 **Soyka**, „Die Schwankungen des Grundwassers". Wien 1888.

51 **Supan**, „Grundzüge der phys. Erdkunde". Leipz. 1896.
52 **Suess, Eduard**, „Das Antlitz der Erde". Prag 1885.
53 **Schichtel**, „Der Amazonenstrom". Strassburg 1893.
54 **Schomburgk, Richard**, „Reisen in Britisch-Guiana in den Jahren 1840—1844". 2. Bd. Leipzig 1847.
55 **Schomburgk, Robert Hermann**, „Reisen in Guiana u. am Orinoco während der Jahre 1835—1839". Mit 1 Karte. Leipzig 1841.
56 **Spix** u. **Martius**, „Reise in Brasilien in den Jahren 1817—1820". 3 Tl. München 1823, 1828, 1831.
57 **Spring**, „Sur La Cause de L'Absence de Coloration De Certaines Eaux Limpides Naturelles". Brüxelles 1898.
58 **Späth**, „Beiträge zur Kenntnis der hydrog. Verhältnisse von Ofr." Mittlg. aus d. pharm. Institut u. Lab. für angew. Chemie der Univ. Erlangen von A. Hilger. II. Heft München.
59 **Steinen**, von den, „Durch Central-Brasilien". Leipzig, Brockhaus 1886.
60 **Schweinfurth, Georg**, „Im Herzen von Afrika". Reisen u. Entdeckungen im Centralen Äquatorial-Afrika während der Jahre 1868 bis 1871. Leipzig 1878.
61 **Tschudi**, „Reisen durch Brasilien". Leipzig, II. Bd. 1889.
62 **Ule, W.**, „Der Würmsee". Leipzig 1900.
63 **Wagner, Hermann**, „Lehrbuch der Geographie". Stuttgart 1891.
64 **Wied-Neuwied, Maximilian** Prinz zu, „Reise nach Brasilien" in den Jahren 1815—1817. Frankfurt 1820 u. 1821. 2. Bd.
65 **Wissmann, Hermann**, „Unter deutscher Flagge" quer durch Afrika von West nach Ost. Berlin 1889.

Zeitschriften:

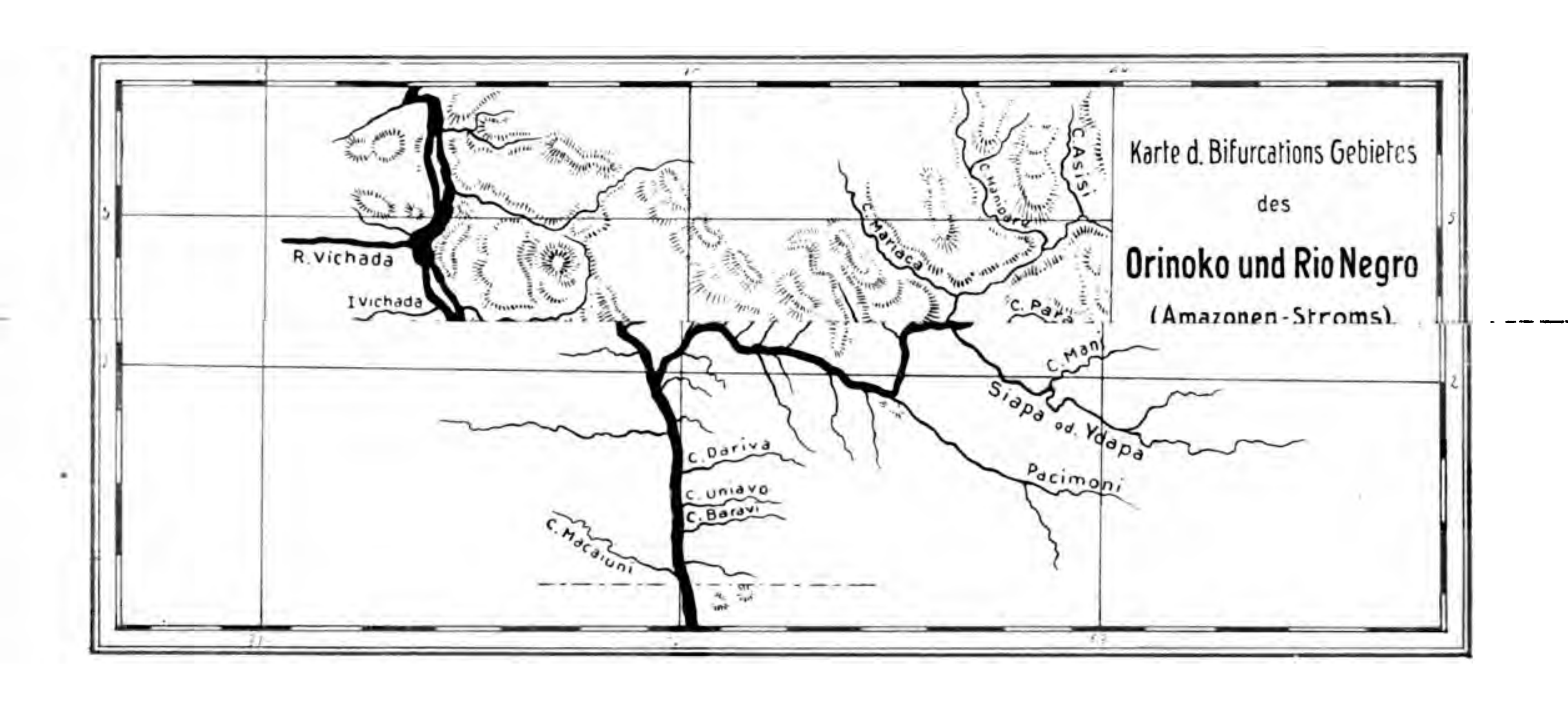
1 Annalen der Physik und Chemie.
2 Annalen der Chemie und Pharmacie.
3 Das Ausland. Stuttgart.
4 Bulletin de la Société de Geographie. Paris.
(Abkürz.: Bull. S. G.)
5 Bulletin de l'academie royal belgique. Brüssel.
(Abkürz.: Bull. de l'acad. r. belgique.)
6 Bibliothek der Länderkunde Berlin.
7 Comptes-rendus de la Société de Geographie. Paris.
(Abkürz.: Compt. rend. S. G.)
8 Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik. Wien.
9 Deutsche geographische Blätter.
(Abkürz.: D. geogr. Bl.)
10 Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift. München.
(Abkürz.: Forstl. Nat. Z.)

11 Geographische Zeitschrift. Herausgegeben von Alfred Hettner. Leipzig.
12 Geognostische Jahreshefte. München.
13 Geographisches Jahrbuch. (Gotha.)
14 Geographische Abhandlung. Wien u. Olmütz.
15 Globus. Braunschweig.
16 Jahresberichte der geogr. Gesellschaft in München. München.
17 Jahrbuch der Astronomie u. Geophysik. Leipzig.
18 „Journal of the Royal Geographical Society". London.
(Abkürz.: R. G. S.)
19 Mitteilungen der geogr. Gesellschaft zu Hamburg. Hamburg.
20 Natur, die; Zeitschrift zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse. Halle.
21 Proceedings of the Royal Geographical Society. London.
(Abkürz.: R. G. S.)
22 Petermann's Mitteilungen. Ergänzungsband.
(Abkürz.: P. E.)
23 Petermann's Mitteilungen.
(Abkürz.: P. M.)
24 Sitzungsberichte der Kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften, math.-phys. Klasse.
25 Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde. Berlin.
26 Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde. Berlin.
27 Zeitschrift des „Österr. Alpenvereins". Berlin.
28 Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Berlin.

Gütige Mitteilungen

von den Südamerika-Forschern:

1. Dr. Karl von den Steinen, 2. Dr. Paul Ehrenreich, 3. Dr. Otto Clauss, 4. Dr. Peter Vogel, 5. Dr. Katzer.


Karte d. Bifurcations Gebietes
des
Orinoko und Rio Negro
(Amazonen-Stroms)
C. Asisi
C. Manipare
C. Mariaca
C. Para
C. Mani
Siapa od. Ydapa
Pacimoni
C. Dariva
C. Uniavo
C. Baravi
C. Macaiuni
R. Vichada
I Vichada

